

Žilinská univerzita v Žiline

AUTOMATIZÁCIA RIADENIA ELEKTRIZAČNEJ SÚSTAVY

Katedra elektroenergetiky a elektrických pohonov
Fakulta elektrotechniky a informačných technológií

KEGA 053ŽU-4/2021

2023

Obsah

Zoznam obrázkov	xi
Zoznam tabuliek	xiii
Zoznam skratiek	xv
Úvod	3
1 Elektrizačná sústava	5
1.1 Dispečerské riadenie elektrizačnej sústavy	7
1.2 Automatizovaný systém dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy	8
1.2.1 Vplyv priemyslu na vývoj automatizovaného systému riadenia	11
2 Elektrické stanice	15
2.1 Druhy elektrických staníc	16
2.1.1 Transformovne	19
2.1.2 Spínacie stanice	19
2.1.3 Meniarne	19
2.1.4 Kompenzovne	20
2.2 Hlavné časti elektrických staníc	21

3	Rozvodné zariadenia	23
3.1	Prípojnice	24
3.1.1	Dimenzovanie prípojnic	26
3.1.2	Prípojnicové systémy	30
3.2	Odbočky	40
3.2.1	Hlavné odbočky	41
3.2.2	Pomocné odbočky	43
4	Prístroje v rozvodných zariadeniach	47
4.1	Spínacie prístroje	48
4.1.1	Výkonové vypínače	49
4.1.2	Odpájače	51
4.1.3	Uzemňovače	52
4.1.4	Odpínače	52
4.2	Prístrojové transformátory	55
4.2.1	Prístrojové transformátory napätia	56
4.2.2	Prístrojové transformátory prúdu	62
4.2.3	Elektronické prístrojové transformátory - senzory	66
4.3	Zvodiče prepätia a bleskoistky	72
5	Manipulácie v rozvodniach	75
5.1	Prípojenie odbočky na prípojnicu	75
5.2	Premanipulovanie napájania odbočiek z jednej hlavnej prípojnice na druhú	76
5.3	Manipulácia napájania vývodu z pomocnej prípojnice	79
5.4	Blokovacie podmienky	83
6	Informačný systém	87
6.1	Informačný systém a automatizované riadenie	89
6.2	Úlohy informačných systémov v procese riadenia	92

6.2.1	MES systémy	93
6.3	Ukladanie a archivácia dát	95
7	Získavanie dát	101
7.1	Merací systém	102
7.2	Meranie elektrických veličín	109
7.3	Meranie neelektrických veličín	110
7.3.1	Meranie teploty	110
7.3.2	Meranie prietoku	115
7.3.3	Meranie množstva tepla	120
7.3.4	Snímanie polohy	121
8	Prenos dát	125
8.1	Média prenosu informácií	125
8.1.1	Modulácie analógových signálov	127
8.1.2	Modulácie digitálnych signálov	129
8.1.3	Typy prenosových médií	135
8.1.4	Spôsoby prenosu signálov z hľadiska času a využitia prenosového média	140
8.2	Topológie dátových sietí	141
8.2.1	Hviezda	141
8.2.2	Kruh	142
8.2.3	Zbernica	143
8.3	Komunikačné techniky v dátových sieťach	144
8.3.1	Komunikácia typu Master - Slave	144
8.3.2	Komunikácia typu Peer-to-Peer	144
8.4	Riadenie prístupu k prenosovým médiám	145
8.4.1	Konvenčné dopytovanie - polling	145
8.4.2	Frekvenčne delený multiplex	146

8.4.3	Časovo delený multiplex	146
8.4.4	Predávanie si Tokenu	147
8.4.5	CSMA/CD	147
8.5	Vytváranie prenosovej cesty	149
8.6	Komunikačné protokoly	149
8.7	Protokol IEC 60870-5-101	152
8.8	Protokol IEC 60870-5-103	154
8.9	IEC 61850	154
9	Aplikácia informačných systémov v riadení elektrizačnej sú-	
	stavy	157
9.1	Automatizovaný systém dispečerského riadenia	158
9.1.1	Štruktúra ASDR	158
9.1.2	Funkcie ASDR	167
9.2	Podporné systémy pre prípravu a hodnotenie prevádzky	169
9.3	Prenosový súbor elektrickej stanice	170
9.3.1	Obsah dátového obrazu elektrickej stanice	171
9.3.2	Prevádzková a poruchová signalizácia	176
9.3.3	Obsah prenosového súboru elektrickej stanice	178
9.4	Koncepty EMS, DMS a DA	181
	Literatúra	184
	Register	185

Zoznam obrázkov

1.1	Štruktúra elektrizačnej sústavy	6
1.2	Funkčná štruktúra automatizovaného systému riadenia ES	9
2.1	Vplyvy medzi elektrickou stanicou a zvyškom elektrizačnej sústavy	16
2.2	Príklad schémy transformovne [5]	18
2.3	Príklad schémy spínacej stanice [5]	20
2.4	Príklad schémy meniarne [5]	21
2.5	Príklad schémy kompenzovne [5]	22
3.1	Príklad a) vonkajšieho [9], b) vnútorného a c) zapuzdreného rozvodného zaradenia [10]	25
3.2	Príklady rôznych zapojení prípojnic a odbočiek [5] - [6]	26
3.3	Chladenie pri pásových vodičoch	27
3.4	Delenie prípojnic a) priečne, b) pozdĺžne, c) ich kombináciou	31
3.5	Schéma rozvodných zariadení s jednoduchým systémom prípojnic	32
3.6	Schéma dvojitého systému prípojnic	33
3.7	Kombinovaný spínač prípojnic pre dvojité spínač prípojnic	33
3.8	Schéma rozvodného zariadenia s trojitým systémom prípojnic	34
3.9	Kombinovaný priečny spínač pre trojitý systém prípojnic	34
3.10	Rozvodné zariadenie s pomocným systémom prípojnic	35
3.11	Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice	36

3.12	Rozvodne s okružnými prípojnícami bez záložného vypínača . . .	37
3.13	Rozvodne s okružnými prípojnícami so záložným vypínačom . . .	38
3.14	Schéma zapojenia rozvodne typu H	39
3.15	Schéma rozvodne s väčším počtom vypínačov na jednu odbočku	40
3.16	Hlavné odbočky v rozvodných zariadeniach zvn, vvn	42
3.17	Priečny spínač prípojnic	43
3.18	Pozdĺžny spínač prípojnic	44
3.19	Kombinovaný spínač prípojnic	44
3.20	Spínač pomocnej prípojnice	45
3.21	Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice	45
3.22	Schémy odbočiek merania	46
3.23	Pomocná odbočka zvodíčov prepätia na prípojniciach	46
4.1	Výkonový vypínač SF6 a) vnútorný [11], b) vonkajší [12]	50
4.2	Vákuový vypínač a) celok [11], b) zhášacia komora [13]	51
4.3	Konštrukčné usporiadania odpájačov a) nožové, b) sklápacie, c) rotačné, d) pantografické	53
4.4	Príklad uzemňovača pre napäťovú haldinu vn [14]	54
4.5	Trojfázový vn odpínač [15]	54
4.6	Fázorový diagram PTN	58
4.7	Fázorový diagram PTN	59
4.8	Vnútorné usporiadanie jedнопólového PTN [17]	61
4.9	Vnútorné usporiadanie dvojпólového PTN [17]	61
4.10	Ukážka reálnych PTN	62
4.11	Fázorový diagram PTP	65
4.12	Vnútorné usporiadanie PTP s dvojitým jadrom	65
4.13	Ukážka reálnych PTP	66
4.14	Porovnanie linearity napäťového senzora a PTN	67
4.15	Porovnanie presnosti prúdového senzora a PTP	67

Zoznam obrázkov

4.16	Vnútorne usporiadanie a) a princíp činnosti napätového senzora b)	69
4.17	Napeťové senzory: a) pre vnútorné inštalácie, b) pre vonkajšie inštalácie	70
4.18	Vnútorne usporiadanie a) a princíp činnosti prúdového senzora b)	70
4.19	Ukážka prevedenia prúdových sensorov	71
4.20	Vnútorne usporiadanie kombinovaného senzora	71
4.21	Ukážka prevedenia kombinovaných sensorov	72
4.22	Ventilová bleskoistka 400 kV [5]	73
5.1	Pripojenie vývodu na prípojnicu [5]	76
5.2	Ilustračná schéma rozvodného zariadenia s dvojitým systémom prípojnic [5]	77
5.3	Prepojenie hlavných prípojnic priečnym spínačom prípojnic [5]	78
5.4	Prepojenie napájania odbočky z hlavnej prípojnice W1 na prí- pojnicu W2 [5]	78
5.5	Rozpojenie priečneho spínača prípojnic [5]	79
5.6	Rozvodné zariadenie s pomocnou prípojnicou a spínačom po- mocnej prípojnice [5]	80
5.7	Zopnutie spínača pomocnej prípojnice [5]	81
5.8	Prepojenie vývodovej odbočky s pomocnou prípojnicou [5] . . .	81
5.9	Odpojenie odbočky od hlavnej prípojnice W1 [5]	82
5.10	Napájanie vývodovej odbočky z pomocnej prípojnice [5]	83
6.1	Operácie s dátami v rámci informačného systému	89
6.2	Bloková schéma ovládania	90
6.3	Bloková schéma regulácie	91
6.4	Štruktúra a vzájomné prepojenie informačného systému	93
6.5	Pozícia MES systému v hierarchii riadenia	94
6.6	Ukážka princípu entitno-relačného modelu databázy	97

7.1	Všeobecná štruktúra meracieho systému	102
7.2	Spojité výstupný signál	105
7.3	Šírkovo modulovaný výstupný signál	105
7.4	Logický výstupný signál	106
7.5	Binárny výstupný signál	106
7.6	Všeobecný princíp AD prevodu	107
7.7	Príklad technickej realizácie snímača teploty Pt100 [25]	112
7.8	Príklad technickej realizácie termočlánkov [25]	113
7.9	Príklad technickej realizácie dilatačného snímača [25]	114
7.10	Ukážka princípu systému pre meranie prietoku [25]	117
7.11	Normalizované škrtiace zariadenia [25]	118
7.12	Pásový merací systém [25]	119
7.13	Spínací kontakt [25]	122
8.1	Princíp amplitúdovej modulácie	128
8.2	Princíp frekvenčnej modulácie	130
8.3	Amplitúdová modulácia reálneho signálu	131
8.4	Frekvenčná modulácia reálneho signálu	132
8.5	Amplitúdová modulácia digitálneho signálu	133
8.6	Frekvenčná modulácia digitálneho signálu	133
8.7	Fázová modulácia digitálneho signálu	134
8.8	Fázová rozdielová modulácia digitálneho signálu	134
8.9	Viacstavová modulácia digitálneho signálu	135
8.10	Princíp rekonštrukcie digitálneho signálu	136
8.11	Krížený párový kábel - verzia UTP	137
8.12	Konštrukcia koaxiálneho kábla	138
8.13	Konštrukcia a princíp presou signálu optickým vláknom	139
8.14	Usporiadanie dátovej siete typu hviezda	142
8.15	Usporiadanie dátovej siete typu kruh	142

Zoznam obrázkov

8.16	Usporiadanie dátovej siete typu zbernica	143
8.17	Konvenčné dopytovanie - polling	145
8.18	Časovo delený multiplex	147
8.19	Predávanie si tokenu - Token Ring	148
8.20	Princíp prístupu CSMA/CD	148
8.21	Referenčný model OSI/ISO	150
8.22	Využitie vrstiev modelu OSI/ISO v medziľahlých uzloch	151
8.23	Nárast množstva dát pri prechode vrstvami protokolu	153
8.24	Dátový rámec protokolu IEC 60870-5-101	153
9.1	Bloková schéma riadenia elektrickej stanice	159
9.2	Hierarchia riadiaceho a informačného systému elektrickej stanice	160
9.3	Zjednodušená štruktúra riadiaceho a informačného systému dis- pečingu	162
9.4	Prezentácia HMI pomocou viacerých obrazoviek [29]	163
9.5	Princíp zmeny detailu zobrazenia HMI	164
9.6	Odlíšenie stavu prvkov v dispečerskej schéme pomocou HMI [29]	164
9.7	Princíp prenosu signálu z elektrickej stanice do RIS	165

Zoznam tabuliek

4.1	Dovolené chyby PTN	60
8.1	Protokoly používané v elektroenergetike	155
9.1	Ochrany transformátorov	173
9.2	Ochrany prípojnic	174
9.3	Ochrany vedení zvn a vvn	174
9.4	Ochrany vedení vn	175

Zoznam skratiek

AM	amplitúdová modulácia
AGC	automatické riadenie výkonu generátorov (Automated Generation Control)
ASDR	automatizovaný systém dispečerského riadenia
AVC	automatická regulácia napätia (Automated Voltage Control)
CIS	zákaznícky informačný systém (Customer Information System)
ČOM	číslo odberného miesta
DA	systém pre riadenie diaľkovo riadených prvkov v sieťach vn (Distribution Automation)
DS	distribučná sústava
DMS	systém pre riadenie distribučnej sústavy (Distribution Management System)
EMS	systém pre riadenie prenosovej sústavy (Energy Management System)
ES	elektrizačná sústava
ES SR	elektrizačná sústava Slovenskej republiky
GIS	geografický informačný systém (Geographic Information System)
FM	frekvenčná modulácia
HDO	hromadné diaľkové ovládanie
HMI	rozhranie človek - stroj (Human Machine Interface)

HW	hardvér
IED	inteligentné elektronické zariadenie
IS	informačný systém
IKT	informačno-komunikačné technológie
MES	MES systém (Manufacturing Execution System)
LAN	lokálna dátová sieť (Local Area Network)
NN	nízke napätie
OMS	systém pre obnovu dodávky elektrickej energie (Outage Management System)
OZ	automatika opätovného zapínania
PAS	vyššie nadstavbové funkcie (Power Application Software)
PLC	programovateľný kontrolér
PS	prenosová sústava
PS SR	prenosová sústava Slovenskej republiky
PTN	prístrojový transformátor napätia
PTP	prístrojový transformátor prúdu
RIS	riadiaci a informačný systém
RTU	vzdialený terminál (Remote Terminal Unit)
SCADA	SCADA systém (Supervisory Control and Data Acquisition)
SF6	izolačný plyn
SQL	databázový jazyk (Structured Query Language)
STP	tienený dátový kábel
SW	softvér
UTP	netienený dátový kábel
VN	vysoké napätie
WAN	rozsiahla dátová sieť (Wide Area Network)

Úvod

V súčasnosti čelí elektrizačná sústava významným zmenám, ktoré sú predovšetkým spájané s masívnym využívaním informačno-komunikačných technológií a výpočtovej techniky, ktoré sa čoraz viac dostávajú do popredia v rámci riadenia elektrizačnej sústavy.

Jedným z kľúčových prvkov zaisťujúcich prevádzkovú bezpečnosť elektrizačnej sústavy, ktorého sa dotýka táto transformácia, sú moderné elektrické stanice vybavené digitálnymi elektrickými ochranami. Budovanie takýchto moderných komplexných systémov však vyžaduje od budúcich projektantov, technikov a operátorov nie len hlboké znalosti o fungovaní jednotlivých technologických prvkov elektrických staníc, ale hlavne získanie komplexného pohľadu na fungovanie rozvodného zariadenia ako celku, ktoré je podporené znalosťou vzájomných interakcií jednotlivých silových prístrojov, inteligentných riadiacich zariadení, riadiaceho a informačného systému a ľudskej obsluhy.

Preto je cieľom predkladaného textu poskytnúť najskôr informácie o základných prvkoch a vlastnostiach elektrických staníc a následne poodhaliť dvierka do sveta informačných a riadiacich systémov, ktoré sa používajú pri riadení a prevádzke elektrizačnej sústavy.

Pre lepšie pochopenie problematiky automatizácie riadenia elektrizačnej sústavy sú v predložennom texte uvedené aj kapitoly, ktoré sa venujú problematike získavania údajov o elektrických aj neelektrických veličinách, prenosu dát

potrebných pre riadenie a v neposlednom rade o funkciách informačných systémov podporujúcich dispečerské riadenie a prevádzku elektrizačnej sústavy.

Jednotlivé kapitoly boli zostavené tak, aby pokrývali tématické okruhy predmetu *Automatizácia riadenia elektrizačných sústav*, ktorý sa vyučuje v inžinierskom štúdijskom programe Výkonové elektronické systémy - špecializácia Elektroenergetika na *Katedre elektroenergetiky a elektrokových pohonov* na Fakulte elektrotechniky a informačných technológií Žilinskej univerzity v Žiline.

Predložený text vznikol v rámci riešenia projektu KEGA 053ŽU-4/2021 „*Inovácia inžinierskeho študijného programu Elektroenergetika na FEIT UNIZA v kontexte nových požiadaviek na automatizáciu riadenia a prevádzky elektroenergetických sietí*“.

Kapitola 1

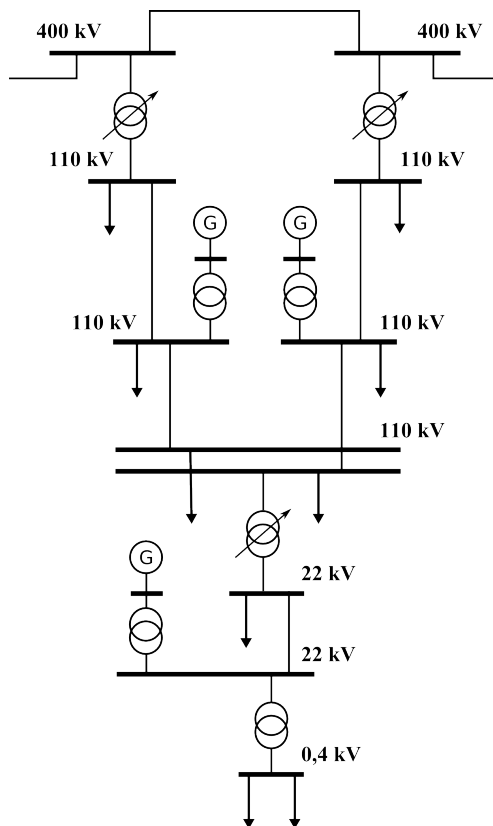
Elektrizačná sústava

Elektrizačná sústava (ES) ako podsystem energetickej sústavy je určený na výrobu, prenos, distribúciu, premenu a použitie elektrickej energie na vymedzenom území. Predstavuje funkčný celok, ktorý pozostáva z výrobní elektrickej energie, elektrických staníc, elektrických vedení, spotrebičov, riadiacich, meracích, regulačných a ochranných systémov a pomocných zariadení.

Prenosová sústava (PS) je súbor vzájomne prepojených elektrických vedení a elektroenergetických zariadení potrebných na prenos elektrickej energie a taktiež na prepojenie prenosovej sústavy so sústavami mimo vymedzeného územia. Súčasťou prenosovej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie prenosovej sústavy [1]. PS slúži na prenos veľkých výkonov v rámci vymedzeného územia medzi hlavnými uzlami elektrizačnej sústavy a na medzinárodnú spoluprácu v rámci prepojenej elektrizačnej sústavy. Na Slovensku ju tvoria elektrické siete s napätím 400 kV a 220 kV a odber vybraných odberateľov zo siete 220 kV.

Distribučná sústava (DS) je súbor vzájomne prepojených elektrických vedení a elektroenergetických zariadení potrebných na distribúciu elektrickej

energie na časti vymedzeného územia [1]. Napriek tomu môžu existovať vedenia, cez ktoré sa uskutočňuje prenos elektrickej energie s okolitými elektrizačnými sústavami, pričom tieto vedenia patria do distribučnej sústavy. Súčasťou distribučnej sústavy sú aj meracie, ochranné, riadiace, zabezpečovacie, informačné a telekomunikačné zariadenia potrebné na prevádzkovanie distribučnej sústavy. DS slúži na distribúciu elektrickej energie z napájacích uzlov, v ktorých je pripojená výroba a transformácia elektrickej energie z prenosovej sústavy. Odberatelia môžu byť napájaní zo siete vvn (110 kV), zo siete vn (22 kV alebo 6 kV) alebo siete nn (400 V) (obr. 1.1).



Obr. 1.1. Štruktúra elektrizačnej sústavy

1.1 Dispečerské riadenie elektrizačnej sústavy

Elektrizačná sústava musí byť prevádzkovaná tak, aby bola zaistená jej:

- bezpečnosť,
- spoľahlivosť,
- stabilita,
- vyrovnaná výkonová bilancia,
- prevádzkovanie zariadení v normálnom stave a riešenie ich poruchových stavov,
- plnenie dohodnutých zmluvných podmienok.

Nástrojom slúžiacim na zabezpečenie takejto prevádzky ES je dispečerské riadenie. Jeho základnou úlohou je kontinuálne zabezpečovanie rovnováhy medzi spotrebou a výrobou elektrickej energie s prihliadnutím na efektívnosť a spoľahlivosť technologického procesu jej výroby a distribúcie, pri rešpektovaní ekonomie prevádzky energetických diel, ochrany životného prostredia a dodržaní zásad medzinárodnej spolupráce. Cieľom je zabezpečenie plynulého zásobovania odberateľov elektrickou energiou v stanovenej kvalite [2].

Dispečerské riadenie ES sa uskutočňuje v troch hierarchických úrovniach. Najvyššiu úroveň riadenia na vymedzenom území zabezpečujú elektroenergetické dispečingy prevádzkovateľov prenosových sústav. Strednú úroveň riadenia zabezpečujú na častiach vymedzeného územia dispečingy sietí vn jednotlivých prevádzkovateľov distribučných sústav a dispečingy prevádzkovateľov výrobní elektrickej energie. Najnižšiu úroveň dispečerského riadenia zabezpečujú dispečingy sietí vn jednotlivých prevádzkovateľov distribučných sústav a elektrodispečingy organizácií.

Dispečerské riadenia elektrizačnej sústavy v sebe zahŕňa niekoľko vzájomne úzko prepojených oblastí, ktorými sú [3]:

- príprava prevádzky,
- operatívne riadenie prevádzky,
- analýzu, kontrolu a hodnotenie prevádzky,
- vydávanie dispečerských pokynov.

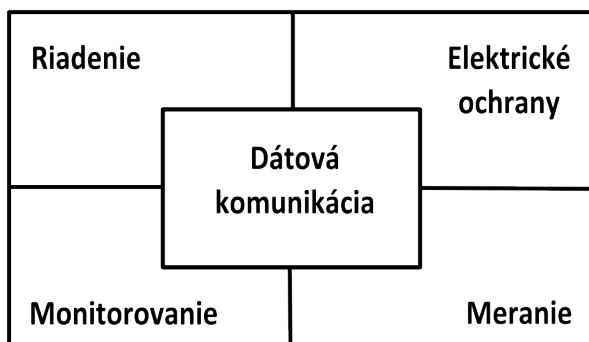
Postupne ako sa vyvíjalo dispečerské riadenie ES, vyvíjali a aplikovali sa aj komunikačné a informačné systémy podporujúce a uľahčujúce dispečerské riadenie. V súčasnej dobe je dispečerské riadenie na všetkých svojich úrovniach mohutne podporované *informačno-komunikačnými technológiami* (IKT). Ich úlohou je spracovať údaje získané z ES a vo vhodnej podobe ich prezentovať jednotlivým zložkám dispečerského riadenia. Systémy IKT podporujúce dispečerské riadenie je možné rozdeliť na dve skupiny. V prvej skupine sú systémy, ktoré podporujú operatívne riadenie elektrizačnej sústavy. V druhej skupine sú tie, ktoré podporujú prípravu a hodnotenie prevádzky ES. Hranica medzi týmito dvoma skupinami je veľmi tenká, pretože v dnešnej dobe sa kladie veľký dôraz na vzájomné prepojenie, systémovú integráciu a komplexné využívanie týchto systémov pri riadení a prevádzke elektrizačnej sústavy. V praxi to napríklad znamená, že údaje získavané pre operatívne riadenie sa využívajú aj v príprave prevádzky.

1.2 Automatizovaný systém dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy

Automatizovaný systém dispečerského riadenia (ASDR) prevádzky elektrizačnej sústavy sa dá definovať ako systém, ktorý zabezpečuje jej riadenie, ovládanie a ochranu pred nežiaducimi prevádzkovými stavmi. Tieto funkcie sú zabezpečované získavaním informácií o stave sústavy v reálnom čase, využívaním aplikácií pre lokálne a diaľkové riadenie prvkov sústavy a pokročilými funkciami elektrických ochrán. Základnými kameňmi automatizovaného

1.2. Automatizovaný systém dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy

systemu riadenia sú lokálna riadiaca a výpočtová inteligencia, diaľkový prenos dát/dátová komunikácia a nepretržitý monitoring riadenej technológie [4]. Úlohou ASDR je podporovať predovšetkým operatívne riadenie elektrizačnej sústavy.



Obr. 1.2. Funkčná štruktúra automatizovaného systému riadenia ES

Vo svojej podstate je automatizovaný systém dispečerského riadenia prevádzky elektrizačnej sústavy založený na spojení niekoľkých systémov, ktoré musia byť prepojené do funkčného celku (obr. 1.2 [4]):

- **Elektrické ochrany** - chránia elektrické zariadenia a ľudí pred účinkami porúch vznikajúcimi v elektrizačnej sústave. Napriek tomu, že sú pri bežných prevádzkových podmienkach integrálnou súčasťou ASR, musia byť schopné v prípade potreby fungovať a zabezpečovať svoje funkcie aj nezávisle od ASR.
- **Riadenie** - môže byť miestne alebo diaľkové. Miestne riadenie pozostáva z činností, ktoré dokáže riadené zariadenie samostatne vykonávať na základe svojich logických funkcií. Funkcie ako napr. blokovanie poľa, sekvencie spínanie alebo kontrola synchronizácie sú vykonávané bez vplyvu ľudského faktora, čím sa eliminuje vznik chyby. Podobne ako elektrické ochrany, lokálne riadenie musí byť schopné vykonávať svoju činnosť aj

bez podpory nadradeného riadiaceho systému. Diaľkové riadenie umožňuje riadiť riadené objekty z dispečerských pracovísk, pričom toto pracovisko môže byť reprezentované veľným elektrickej stanice alebo riadiacim centrom kontrolujúcim viacero elektrických staníc a vedení, ktoré ich navzájom prepájajú. Diaľkové riadenie umožňuje plnohodnotne riadiť riadené objekty (zväčša sú to elektrické stanice), no toto riadenia sa vykonáva cez povely „vyššej úrovne“. To znamená, že ak potrebuje dispečer na diaľku vypnúť vypínač, je tento povel z dispečerského pracoviska prenesený do miestneho riadiaceho systému, ktorý pre túto činnosť využije svoje funkcie a o výsledku svojej činnosti pošle späťne správu riadiacemu systému dispečera, ktorý povel vydal. Podobným spôsobom je napr. možné meniť nastavenie parametrov ochrán, prechádzať z prípojnice na prípojnicu alebo meniť odbočku na transformátore. Výhodou diaľkového riadenia je to, že technológia je riadená bez zásahu obslužného personálu, čím sa znižuje riziko úrazu a proces riadenie je rýchlejší. Súčasné systémy pre diaľkové riadenie taktiež poskytujú dispečerom veľmi podrobný prehľad o riadenej technológii, čím je výrazne podporené ich rozhodovanie.

- **Meranie** - slúži na získavanie veľkého množstva dôležitých údajov o elektrizačnej sústave. Namerané hodnoty sú prezentované na dispečerských pracoviskách v reálnom čase, kde sa využívajú nie len pre operatívne riadenie, ale aj pre prípravu, vyhodnocovanie a plánovanie rozvoja prevádzky ES. Merané môžu byť elektrické (napätia, prúdy, ...), ale aj neelektrické (teplota oleja, výška hladiny, ...) veličiny.
- **Monitorovanie** - v sebe zahŕňa sledovanie vybraných parametrov, pomocou ktorých je možné určiť čo, kde, kedy, prečo a v akom časovom slede sa stalo počas prevádzky elektrizačnej sústavy. Vďaka analýze znamenovaných údajov je napríklad možné zlepšiť efektívnosť prevádzky

1.2. *Automatizovaný systém dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy*

ES, nastavenie ochrán alebo plánovať preventívnu údržbu.

- **Dátová komunikácia** - vytvára jadro každého automatizovaného systému riadenia a prepája navzájom jednotlivé časti ASR. Bez fungujúcej dátovej komunikácie budú sítě zabezpečené základné funkcie elektrických ochrán a lokálneho riadenia, no ASR ako celok fungovať nebude. Forma dátovej komunikácie vychádza z použitej architektúry, ktorej výber však môže závisieť práve na použitej forme dátovej komunikácie. Vývoj v tejto oblasti priniesol viacero používaných architektúr s odlišnými vlastnosťami, no súčasný trend smeruje k vytvoreniu univerzálnej architektúry, ktorej vlastnosti budú presne špecifikované.

1.2.1 **Vplyv priemyslu na vývoj automatizovaného systému riadenia**

Rozvoj informačných systémov nasadzovaných v riadení prenosových a distribučných sústav bol podmienený technickým rozvojom v niekoľkých oblastiach priemyslu, pretože ten umožnil realizovať funkcie potrebné pre automatizované riadenie elektrizačných sústav [4].

Rozvoj v oblasti elektrických ochrán

Donedávna boli elektrické ochrany (pre ľubovoľnú napäťovú hladinu) vyvíjané bez spolupráce s automatizačným a komunikačným priemyslom. Táto skutočnosť vychádzala z toho, že elektrické ochrany sa dlho považovali za sítě veľmi dôležitú, no viac-menej nezávislú súčasť rozvodných zariadení, ktorá nepotrebuje komunikovať mimo hraníc svojej zóny chránenia. To sa však výrazne zmenilo behom posledných pár rokov.

Prvými ochranami boli elektromechanické ochrany. Tieto ochrany boli vcelku stabilné (nereagovali, keď nemali) a spoľahlivé (reagovali, keď mali), no ich hlavnou nevýhodou bolo, že ich vypínacie charakteristiky boli pevne dané ich účelom a nebolo možné ich meniť. Ak bola požadovaná zmena vypínacej cha-

rakteristiky, znamenalo to výmenu celej ochrany, ktorá bola často spojená s veľkým zmenami „vydrôtovania“ pri zapájaní vstupov a výstupov novej ochrany do existujúceho systému ochrán. Ďalšou nevýhodou, ktorá však bola zistená až pri ich prevádzkovaní, bola ich nedostatočná presnosť, ktorá spôsobovala problémy pri nastavovaní selektivity viacerých spolupracujúcich ochrán.

Nástupcami elektromechanických ochrán boli elektronické ochrany, ktoré využívali tranzistorovú technológiu. Merané hodnoty napätí a prúdov menili do podoby elektronického signálu, ktorý bol následne porovnávaný s prednastavenými hodnotami za účelom vyhodnotenia činnosti ochrany. V podstate sa od elektromechanických ochrán líšili len tým, že nemali žiadne pohyblivé časti, no priniesli výrazne zlepšenie presnosti, spoľahlivosti a univerzálnosti.

Prelomová zmena v oblasti vývoja elektrických ochrán nastala po objavení digitálnej technológie. Aplikácia mikroprocesorovej techniky umožnila vyrábať ochrany s veľkou univerzálnosťou a s malými nákladmi. Presnosť, stabilita a spoľahlivosť sa stali samozrejmosťou. Výrobcovia začali do ochrán implementovať aj funkcie pre fakturačné meranie elektrickej práce a taktiež zvýšili ich schopnosť ukladať dáta. Zvýšená programovateľnosť ochrán si vyžiadala zvýšiť ich schopnosť komunikovať, aby bolo možné digitálne ochrany programovať a získavať z nich potrebné informácie, buď lokálne alebo na diaľku. Výsledkom aplikovania všetkých spomínaných vlastností do jedného zariadenia vzniklo inteligentné elektronické zariadenie (IED), ktoré predstavuje súčasný vrchol v oblasti elektrických ochrán [4].

Rozvoj v oblasti elektroniky

Objavenie tranzistorovej a hlavne digitálnej techniky, mal významný vplyv na všetky oblasti priemyslu, v ktorých sa nejakým spôsobom používa elektronika. To sa samozrejme pozitívne prejavilo aj pri rozvoji informačných systémov používaných v elektroenergetike [4].

Rozvoj v oblasti spínacích prístrojov

Rozvoj spínacích prístrojov bol vždy úzko spojený s rozvojom elektrických

1.2. *Automatizovaný systém dispečerského riadenia elektrizačnej sústavy*

ochrán. Použitie plynu SF6 a vákua ako izolačného média prinieslo zvýšenie spoľahlivosti, bezpečnosti a rýchlosti spínacích procesov, pričom zároveň došlo k zníženiu ceny a veľkosti spínacích zariadení. Rozvoj elektroniky sa pozitívne podpísal pod rozvoj riadiacich obvodov spínacích zariadení, čo spolu so zlepšením komunikačných vlastností týchto obvodov prinieslo vytvorenie základu pre realizáciu zložitejších spínacích funkcií a predovšetkým umožnilo diaľkové ovládania spínacích zariadení v rámci elektrických staníc či distribučných vedení [4].

Vplyv automatizácie

Pozitívny vplyv automatizácie sa naplno prejavil až po príchode digitálnej technológie, ktorý vyústil do rozvoja dvoch odlišných prístupov k riešeniu automatizácie v rámci riadenia elektrických staníc. Prvý prístup reprezentuje nasadenie vzdialených terminálov (RTU), ktoré disponovali výraznou schopnosťou komunikovať v rámci riadiaceho systému, no chýbala im výraznejšia výpočtová inteligencia pre zabezpečenie lokálnych riadiacich funkcií. Opačným prístupom bolo aplikovanie programovateľných kontrolérov (PLC), ktoré disponovali výraznou lokálnou výpočtovou a rozhodovacou inteligenciou, no mali len obmedzené komunikačné schopnosti. Dlhotrvajúci spor o výhodnosti jedného či druhého prístupu vyústil do spojenia oboch prístupov v rámci jedného zariadenia, ktoré sa v súčasnosti označujú ako IED [4].

Vplyv výpočtovej techniky

Rozvoj v oblasti výpočtovej techniky taktiež významne ovplyvnil zavádzanie informačných systémov do riadenia elektrizačných sústav. Narastajúci počet samostatne pracujúcich osobných počítačov priniesol myšlienku tieto počítače navzájom pospájať, čím došlo k vzniku menších (LAN) či rozsiahlejších (WAN) počítačových sietí. Výrobcovia riadiacich systémov si veľmi skoro uvedomili potenciál využitia počítačov a počítačových sietí v priemyselnej automatizácii. Začali preto s vývojom nového hardvéru a softvéru pre riadiace systémy založené na využití výpočtovej techniky. Za začiatku bol tento vývoj

nekoordinovaný. To vyústilo do situácie, kedy zariadenia jedného výrobcu neboli schopné komunikovať a tým pádom spolupracovať so zariadeniami iného výrobcu. Výrobcovia skoro pochopili, že ak odstránia tento handicap svojich zariadení, otvorí sa im väčšia šanca uplatniť svoje výrobky na trhu. Tým sa začala éra štandardizácie komunikačných protokolov pre informačné systémy používané v elektroenergetike [4].

Vplyv komunikačnej techniky

Vývoj v rámci komunikačného priemyslu vždy reagoval na potreby iných priemyselných odvetví. Tie potrebovali pre zabezpečenie svojich funkcií čoraz lepšiu komunikáciu, čo sa prejavovalo hľadaním technických riešení pre rýchlejší prenos dát a väčšiu šírku prenosového pásma. Výsledkom tohto snaženia bolo aplikovanie optických vlákien, bez ktorých si v dnešnej dobe už moderné komunikačné systémy nevieme predstaviť. Rovnako vývoj v oblasti rádiového a satelitného prenosu dát umožnil zlepšiť vlastnosti súčasných riadiacich a automatizačných systémov [4].

Rozvoj v oblasti merania

Rozvoj merania prebiehal viac menej nezávisle od ostatných odvetví, no využíval ich nové poznatky a technológie. Najväčší prínos pre riadenie elektrizačných sústav predstavuje zavedenie technológie digitálneho merania veličín, ktoré sa v dnešnej dobe najviac používa v elektrických ochránach. Druhým dôležitým prínosom je rozvoj v oblasti presnosti senzorov a prístrojových transformátorov prúdu a napätia, ktoré sa používajú najmä pre fakturačné účely výroby a spotreby elektrickej energie, no umožňujú realizovať aj ďalšie pokročilé riadiace funkcie [4].

Kapitola 2

Elektrické stanice

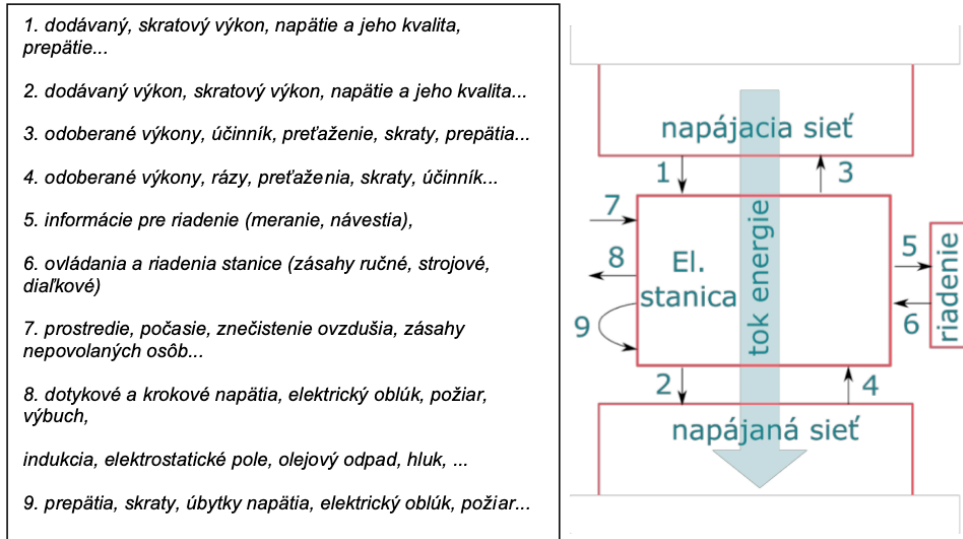
Elektrické stanice sú kľúčovými prvkami elektrizačnej sústavy, ktoré slúžia ako dôležité uzly medzi rôznymi prúdovými a napäťovými sústavami. Sú akousi spojnicou, či už medzi výrobou a prenosom, rôznymi prenosovými sústavami, alebo prenosom a distribúciou. Týmto umožňujú elektrické stanice usmernenie toku výkonu k spotrebiteľovi, zmeny tokov výkonov v rámci podporných služieb, zvyšovanie resp. znižovanie napätia, pripájanie nových zdrojov do sústavy a v neposlednom rade zber dát [5] - [8]. Z uvedeného jednoznačne vyplýva, že elektrické stanice hrajú kľúčovú úlohu pri prevádzke a riadení elektrizačnej sústavy a sútreďuje sa do nich hlavná časť aktivít dispečerského riadenia.

Keďže sú elektrické stanice súčasťou elektrizačnej sústavy, sú ovplyvňované:

- sieťami, ku ktorým sú pripojené,
- samotným dispečerským riadením elektrizačnej sústavy,
- inými nežiadúcimi vplyvmi.

Samozrejme platí to aj naopak. Elektrické stanice zásadne ovplyvňujú prevádzku danej elektrizačnej sústavy a preto sa z tohto dôvodu využívajú na riadenie ES. Možné vplyvy medzi elektrizačnou sústavou a elektrickou stanicou

sú naznačené na obr. 2.1 [5] - [8].



Obr. 2.1. Vplyvy medzi elektrickou stanicou a zvyškom elektrizačnej sústavy

2.1 Druhy elektrických staníc

Naprieč elektrizačnými sústavami vieme nájsť rôzne druhy elektrických staníc. Táto rôznorodosť môže vychádzať z rôznej funkcie, ich umiestnenia v elektrizačnej sústave alebo spôsobu prevádzky.

Podľa hlavného účelu môžeme elektrické stanice rozdeliť do 4 nasledovných skupín [5] - [7]:

- *transformovne* – sú to elektrické stanice určené na zmenu napätia prenášanej elektrickej energie pri rovnakej frekvencii,
- *spínacie stanice* - sú elektrické stanice určené na rozvádzanie elektrickej energie rovnakého napätia bez jej premeny alebo transformácie,
- *meniarny* - sú elektrické stanice slúžiace na zmenu druhu prúdu, naprí-

2.1. Druhy elektrických staníc

klad zo striedavého na jednosmerný, alebo zmenu frekvencie prenášanej elektrickej energie,

- *kompensovne* - sú to elektrické stanice, ktoré slúžia na zmenu (reguláciu) parametrov prenosu elektrickej energie za účelom vyrovnania jalových zložiek striedavého prúdu.

Podľa začlenenia do elektrizačnej sústavy môžeme elektrické stanice rozdeliť na elektrické stanice [5] - [8]:

- *výrobní* - čo sú väčšinou stanice, ktoré privádzajú vyrobenú elektrickú energiu do elektrizačnej sústavy a transformujú napätie generátorov na napätie siete, do ktorej sú pripojené,
- *prenosové* - to sú stanice, ktoré tvoria spoločný bod medzi vetvami okružnej prenosovej sústavy a zároveň slúžia na transformáciu napätia na nižšie hodnoty (napr. 400/110 kV),
- *spotreby* - sú to stanice, ktoré rozvádzajú výkon ku spotrebe.

Prenosové elektrické stanice ďalej delíme na stanice:

- *uzlové* - sú to elektrické stanice, ktoré tvoria spoločný bod medzi vetvami okružnej prenosovej sústavy,
- *transformačné* - tieto elektrické stanice spájajú prenosové a distribučné sústavy a
- *meniarne* - čo sú koncové stanice jednosmerného prenosu.

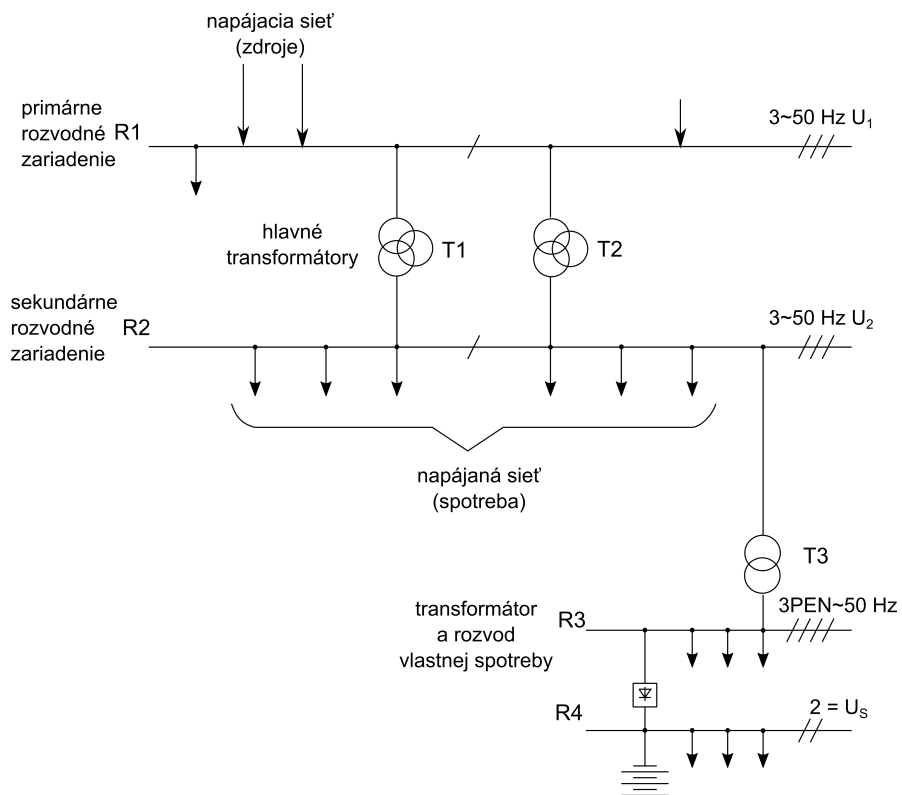
Podobne rozlišujeme elektrické stanice spotreby na elektrické stanice:

- *distribučné* - sú to stanice, ktoré rozvádzajú výkon do centier spotreby,
- *priemyselné* - stanice, ktoré rozvádzajú výkon v priemyslových podnikoch, pričom sem spadá aj vlastná spotreba v elektrárňach,
- *meniarne spotrebného charakteru* - čo sú väčšinou stanice pre potreby

trakcie, respektíve pre jednosmerné rozvody v podnikoch.

A v neposlednom rade môžeme elektrické stanice rozdeliť podľa spôsobu prevádzky na elektrické stanice [5] - [8]:

- s trvalou obsluhou,
- bez trvalej obsluhy,
- bez obsluhy (súčasný trend).



Obr. 2.2. Príklad schémy transformovne [5]

2.1. Druhy elektrických staníc

2.1.1 Transformovne

Ako bolo spomenuté vyššie, transformovne sú elektrické stanice určená na zmenu napätia prenášanej elektrickej energie pri rovnakej frekvencii. V takejto elektrickej stanici je privádzaná elektrická energia napätia U_1 transformovaná na napätie U_2 , avšak je bežné, že z transformovne sa vedie do ďalšej stanice aj energia s pôvodným napätím U_1 . Podobne, aj transformovaná energia napätia U_2 je rozvádzaná do viacerých vetiev [5] - [8].

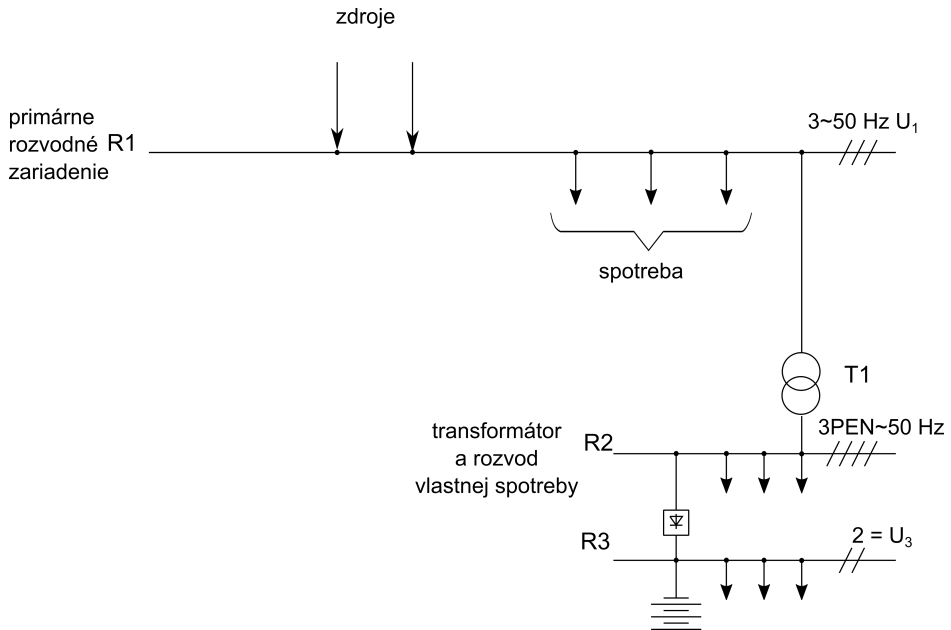
Za hlavnú funkciu transformovne možno považovať transformáciu a rozvod (rozdelenie) elektrickej energie v požadovanom množstve. Transformovňa je vybavená podobnými prístrojmi ako ostatné elektrické stanice, avšak typickým znakom transformačnej stanice je transformátor, ako aj ďalšie zariadenie potrebné na jeho bezpečné pripojenie/odpojenie. Príklad schémy transformovne je naznačený na obr. 2.2 [5] na str. 18.

2.1.2 Spínacie stanice

Spínacie stanice rozdeľujú privedenú elektrickú energiu do viacerých vetiev siete bez zmeny prúdovej alebo napäťovej sústavy. Túto funkciu avšak často plnia primárne respektíve sekundárne rozvodné zariadenie transformovní alebo meniarňí. Z toho vyplýva, že samostatné spínacie stanice sa vyskytujú skôr ojedinele. Za spínaciu stanicu je možné považovať aj distribučné rozvádzače v sieťach vn a nn [5] - [8]. Príklad schémy spínacej stanice je naznačený na obr. 2.3 [5] na str. 20.

2.1.3 Meniarne

Meniarne, na rozdiel od spínacích staníc, slúžia na zmenu či už druhu prúdu alebo frekvencie. Zvyčajne ide o premenu striedavej elektrickej energie na jednosmernú alebo naopak. Takéto stanice sa predovšetkým používajú v priemysle a elektrickej trakcii [5] - [8]. Príklad schémy meniarne je naznačený na obr. 2.4



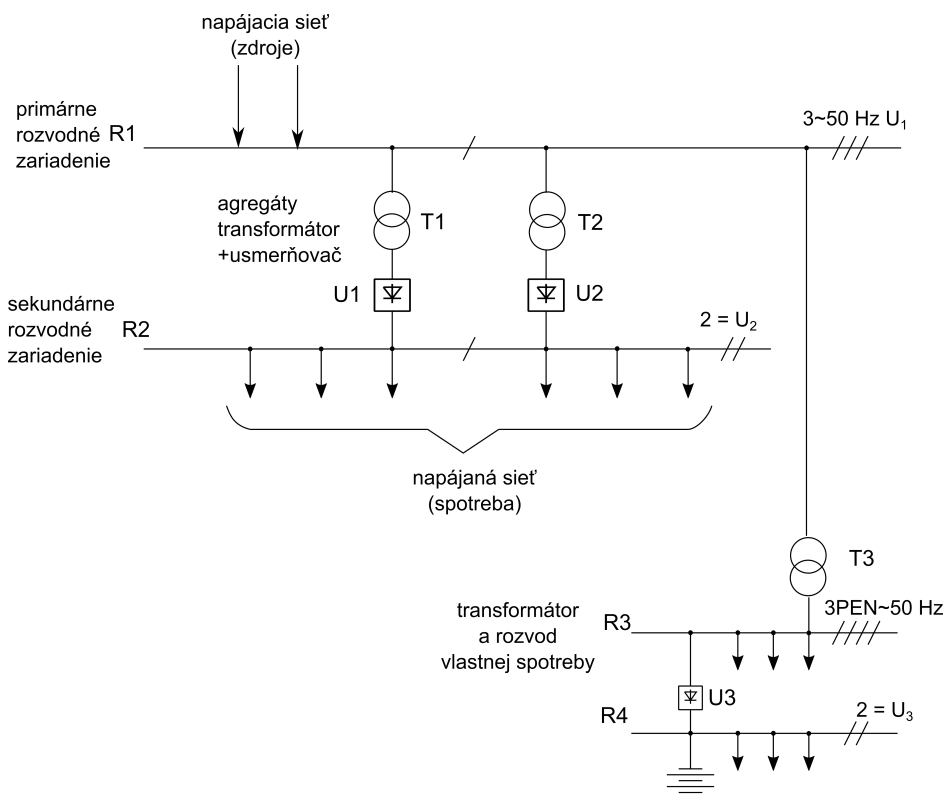
Obr. 2.3. Príklad schémy spínacej stanice [5]

[5] na str. 21.

2.1.4 Kompenzovne

Kompenzovne slúžia na zmenu parametrov vedení za účelom vyrovnania javových zložiek striedavého prúdu, a tým ovplyvňujú prenos elektrickej energie. Kompenzácia sa robí synchronnými kompenzátormi, kondenzátorovými batériami, prípadne kompenzačnými tlmivkami alebo ich tyristorovo riadenou kombináciou. Tieto zariadenia sa zvyčajne inštalujú v uzloch elektrizačnej sústavy a bývajú zahrnuté do transformovní, príp. spínacích staníc [5] - [8]. Príklad schémy kompenzovne je naznačený na obr. 2.5 [5] na str. 22.

2.2. Hlavné časti elektrických staníc



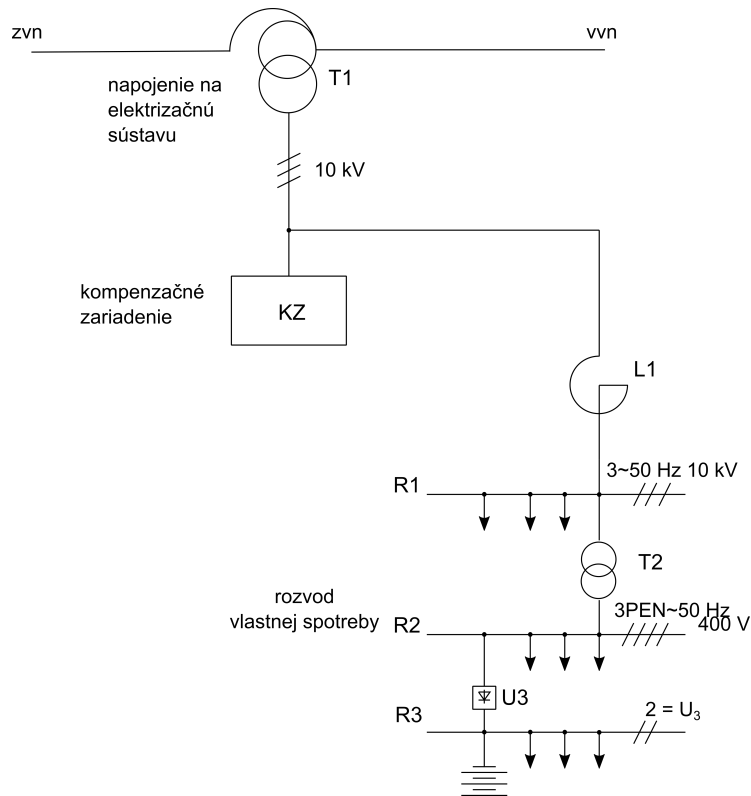
Obr. 2.4. Príklad schémy meniarne [5]

2.2 Hlavné časti elektrických staníc

Každá elektrická stanica sa skladá z dvoch základných častí a to *časti stavbnej*, ktorá zahŕňa rôzne potrebné budovy a *časti technologickej*, ktorá pomáha naplňať základné funkcie danej stanice [5] - [6].

Technologickú časť elektrickej stanice rozdeľujeme do troch skupín na:

- *hlavné silové zariadenia* - sem patria rozvodné zariadenia, transformátory, kompenzačné zariadenia a spojovacie vedenia,
- *riadiaci a informačný systém (RIS)* - sem patria zariadenia na riadenie



Obr. 2.5. Príklad schémy kompenzovne [5]

elektrickej stanice, systém HDO, zariadenia na istenie a zaistenie bezpečnosti prevádzky,

- *spoločné a pomocné zariadenia* - sem patria predovšetkým zariadenia vlastnej spotreby, núdzové zdroje elektrickej energie, rozvod pre osvetlenie, vykurovanie a vetranie, ako aj vybavenie revízných veží, olejových hospodárstiev a podobne.

Nie všetky elektrické stanice musia byť vybavené všetkými uvedenými časťami a zariadeniami. Rozsah ich vybavenia je väčšinou daný ich veľkosťou, dôležitosťou a požadovanými funkciami príslušnej elektrickej stanice [5] - [8].

Kapitola 3

Rozvodné zariadenia

Rozvodné zariadenie sú jednou zo základných súčastí elektrických staníc. Tvoria uzly rozvodných sietí, do ktorých sa vedením privádza a potom odvádza elektrická energia podľa okamžitého stavu spínacích prístrojov vo vetvách. Tieto zariadenia slúžia ako na samotný rozvod elektrickej energie, tak aj na istenie, meranie a kontrolu prevádzky elektrickej stanice a teda aj elektrizačnej sústavy [5] - [8].

Podľa veľkosti môžeme rozvodné zariadenia elektrickej stanice rozdeliť na:

- *rozvodne* - sú to veľké celky postavené a skúšané na mieste použitia,
- *rozvádzače* - rozvodné zariadenie, ktoré sú zmontované a odskúšané ako jeden celok a tak sa aj dopravujú na miesto montáže,
- *rozvodnice* - sú malé, už vystrojené zariadenia, určené pre rýchlu montáž.

Podľa vyhotovenia rozdelujeme rozvodné zariadenia na [5] - [8]:

- *Vonkajšie* - tieto rozvodné zariadenie sú vystavené vplyvom počasia a nečistotám ovzdušia, s čím je potrebné uvažovať už pri ich návrhu. Väčšinou sú to rozvodné zariadenie vysokého až zvlášť vysokého napätia.
- *Vnútorne* - rozvodné zariadenie tohto typu sú umiestnené v budovách

alebo v samostatných priestoroch spoločnými s inými zariadeniami. Na rozdiel od vonkajších rozvodní sú tie vnútorné chránené pred vplyvom počasia ako aj nečistotami ovzdušia. Takéto rozvodné zariadenie sa väčšinou používajú u elektrických staníc vysokého napätia.

- *Zapuzdrené* - tieto rozvodné zariadenia majú časti prúdového obvodu uzavreté do kovových valcov (púzdiar) vyplnených izolačnou látkou. Najčastejšie sa používa plyn fluorid sírový (SF₆). Výhodou takéhoto vyhotovenia sú menšie nároky na priestor a samozrejme aj na ochrana proti vonkajším vplyvom. Zapuzdrené rozvodné zariadenia sa môžu používať, rovnako ako vonkajšie, pre elektrické stanice vysokého napätia až po elektrické stanice zvlášť vysokého napätia.

Príklady všetkých troch možností vyhotovenia rozvodného zariadenia sú znázornené na obr. 3.1 na str. 25.

Základom („chrbtovou kosťou“) rozvodných zariadení sú *prípojnice*. Na prípojnice sú pripojené jednotlivé prívody a vývody, nazývané aj *odbočky*, ktoré sú vybavené potrebnými prístrojmi podľa funkcie rozvodného zariadenia. Ukážky schém rozvodných zariadení s rôznym usporiadaním prípojnic a odbočiek sú znázornené na obr. 3.2 na str. 26.

Každé rozvodné zariadenie je teda určené usporiadaním a počtom prípojnic, počtom odbočiek a svojimi elektrickými parametrami, medzi ktoré patria menovité napätie, menovité prúdové zaťaženie, menovitá skratová odolnosť a vypínacia schopnosť spínacích prístrojov.

3.1 Prípojnice

Prípojnice sú hlavné zberné vodiče v elektrických staniaciach. Na ne je privádzaná a z nich sa odvádza elektrická energia pomocou prívodov a vývodov. Tým pádom porucha na prípojniciach môže vyradiť celý rozvodný systém alebo jeho

3.1. Přípojnice



a)



b)

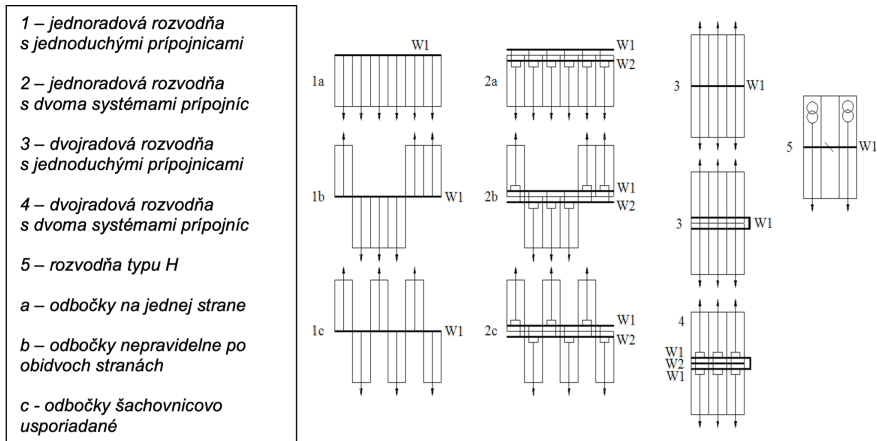


c)

Obr. 3.1. Príklad a) vonkajšieho [9], b) vnútorného a c) zapuzdreného rozvodného zariadenia [10]

časť z prevádzky. Z tohto dôvodu sa často v dôležitých elektrických staniách používa viac systémov prípojnic, prípadne kombinácia s pomocným systémom prípojnic [5] - [8].

Ako bolo spomenuté vyššie, prípojnice sú tvorené vodičmi, z toho dôvodu sa používajú pri ich konštrukcii podobné materiály ako pri vedeniach. Pre stanice vn a vn sa ako prípojnice väčšinou používajú hliníkové alebo medené holé ploché vodiče, tyče alebo rúrky. Pri vonkajších elektrických staniách vyšších napätových úrovní sa používajú najčastejšie kombinované AlFe laná, podobne



Obr. 3.2. Príklady rôznych zapojení prípojnic a odbočiek [5] - [6]

ako aj pri vonkajších vedeniach. V prípade zapuzdrených rozvodní vvn a zvn sa používajú medené alebo hliníkové profily alebo rúrky. Ak sa očakáva veľké prúdové zaťaženie, je možné použiť aj tzv. zložené prípojnice, ktoré sa skladajú z viacerých paralelných vodičov spevnených rozperkami [5] - [8].

Keďže sú prípojnice tvorené vodičmi, je potrebné ich odizolovať od nosnej konštrukcie. Z tohto dôvodu sú vo vonkajších rozvodniach väčšinou prípojnice zavesené na izolátorových reťazcoch. V prípade vnútorných rozvodných zariadení sú väčšinou umiestnené na podperkách, prípadne v priechodkách [5] - [8].

3.1.1 Dimenzovanie prípojnic

Prierez a usporiadanie prípojnic sú dané ako prevádzkovým stavom daného rozvodného zariadenia, tak aj možným poruchovým stavom, ktorý sa môže na zariadení vyskytnúť. Prevádzkovým stavom sa v tomto prípade myslí prúdové zaťaženie a menovité napätie daného prípojnicového systému. Pri poruchovom stave je treba uvažovať ako s tepelným, tak aj s mechanickým účinkom možného skratového prúdu na prípojnicovom systéme [6].

3.1. Prípojnice

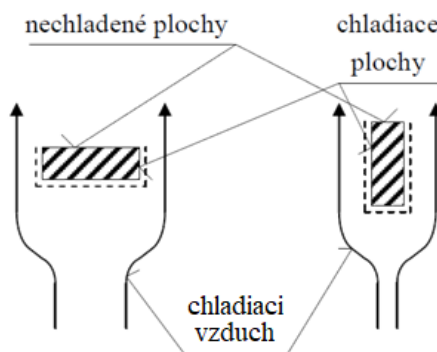
Menovité napätie

Usporiadanie a teda hlavne vzdialenosť vodičov jednotlivých prípojnic sa určuje podľa menovitého napätia prípojnicového systému. Táto vzdialenosť je určená normou, v ktorej je možné nájsť definované minimálne vzdialenosti živých častí pre rôzne hodnoty menovitého napätia [6].

Tepelné účinky menovitého prúdu

Pri výbere materiálu a prierezu vodičov do prípojnic je potrebné brať ohľad na ich maximálnu dovolenú prevádzkovú teplotu. Prípojnice sa totiž prechodom menovitého prúdu nesmú ohriať na teplotu väčšiu, ako je ich dovolená prevádzková teplota. Z tohto dôvodu je vo väčšine katalógov a aj v norme možné nájsť menovité prúdové zaťaženie pre rôzne prierezy rúrkových a pásových vodičov alebo kombinovaných lán [6].

Špecifických prípadom sú pásové vodiče. Pri prípojniciach zhotovených z pásových vodičov je ich menovité prúdové zaťaženie udávané pre ich uloženie na výšku. Pri uložení na plochu sa znižuje o 2-3 % (do 40x10 mm), pre väčšie rozmery až o 5-7 %. To je dané tým, že pri uložení pásu na výšku je dostupná väčšia chladiaca plocha, ako je znázornené na obr. 3.3 [6].



Obr. 3.3. Chladenie pri pásových vodičoch

Tepelné účinky skratového prúdu

Prípojnice navrhnuté s ohľadom na dovolenú prevádzkovú teplotu sa musia kontrolovať aj na tepelné účinky skratového prúdu. Pri kontrole sa určuje minimálny prierez S_{\min} , ktorý zabezpečí, že prípojnica vydrží tepelné účinky očakávaného skratového prúdu I_{th} pre definovanú dobu skratu t_k . Minimálny prierez sa určí nasledovne [6]:

$$S_{\min} \geq \frac{I_{\text{th}} \cdot \sqrt{t_k}}{k}, \quad (3.1)$$

kde k je koeficient rešpektujúci teplotu pred a po skrate. Tento koeficient je možné vypočítať nasledovne [6]:

$$k = \sqrt{\frac{Q_c \cdot (\beta + 20)}{\rho_{20}} \cdot \ln\left(1 + \frac{\Theta_f - \Theta_i}{\beta + \Theta_i}\right)}, \quad (3.2)$$

kde Q_c je špecifické teplo daného materiálu, β je fiktívna teplota vodiča, resp. prevrátená hodnota teplotného koeficienta, ρ_{20} je merný odpor materiálu, Θ_f je maximálna dovolená teplota pri skrate a Θ_i je teplota vodiča pri skrate. Prvé tri veličiny sú teda materiálové konštanty a sú dané použitým materiálom na prípojnicu. Maximálna dovolená teplota pri skrate a teplota vodiča pri skrate sú dané normou [6].

Mechanické účinky skratového prúdu

Ak prechádza dvomi vodičmi elektrický prúd, vznikajú medzi nimi buď odpudivé alebo príťažlivé sily. Čím sú pretekajúce prúdy väčšie, tým pôsobi na vodiče väčšia sila. Rovnaké sily pôsobia aj na prípojnicu, pričom môžu byť znásobené veľkými skratovými prúdmi [6].

Z toho dôvodu je potrebné kontrolovať, či mechanické namáhanie σ_1 prípojnice vplyvom skratového prúdu je menšie alebo rovné ako dvojnásobok medzi

3.1. Prípojnice

prieťažnosti $\sigma_{0,2}$ daného materiálu, z ktorého je prípojnice navrhnutá [6]:

$$\sigma_1 \leq 2 \cdot \sigma_{0,2}. \quad (3.3)$$

Mechanické namáhanie vodiča od prúdov tečúcich vodičmi susedných fáz je definované ako [6]:

$$\sigma_1 = \frac{f_{k1} \cdot \ell_1^2}{10 \cdot W_{01}}, \quad (3.4)$$

kde ℓ_1 je dĺžka prípojnice medzi dvoma pevnými bodmi (izolátorové reťazce, podperky a pod.). W_{01} je prierezový modul vodiča, ktorý je daný rozmermi prierezu vodiča a závisí teda od jeho tvaru. f_{k1} je sila, ktorou pôsobia prúdy tečúce vodičmi susedných fáz na navrhovanú prípojnicu a vieme je určiť nasledovne [6]:

$$f_{k1} = 2 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{I_{\text{dyn}}^2 \cdot 10^{-7}}{a}, \quad (3.5)$$

kde k_1 je koeficient tvaru vodiča a k_2 je koeficient usporiadania prípojnic. Tieto dva koeficienty sú dané normou a závisia od rozmerov vodiča, ako aj vzájomných vzdialeností. Parameter a hovorí o vzdialenosti susedných prípojnic a I_{dyn} je dynamický skratový prúd [6].

V prípade návrhu zložených prípojnic je potrebné uvažovať aj s mechanickým účinkom skratových prúdov od susedných vodičov tej istej fázy. Potom pre mechanické namáhanie vodiča prípojnice platí, že [6]:

$$\sigma_1 + \sigma_2 \leq 2 \cdot \sigma_{0,2}, \quad (3.6)$$

kde σ_2 je mechanické namáhanie od susedných vodičov tej istej fázy. Toto

namáhanie vypočítame ako [6]:

$$\sigma_2 = \frac{f_{k2} \cdot \ell_1^2}{10 \cdot W_{01}}, \quad (3.7)$$

kde W_{02} je prierezový modul vodiča pre jednoduchý vodič. A silu, ktorou pôsobia susedné vodiče tej istej fázy f_{k2} , môžeme vypočítať ako [6]:

$$f_{k1} = 2 \cdot I_{1 \text{ dyn}} \cdot \sum_{n=2}^k \frac{k_{11n} \cdot I_{n \text{ dyn}}^2 \cdot 10^{-7}}{a_{1n}}. \quad (3.8)$$

V rovnici (3.8) premenná $I_{1 \text{ dyn}}$ reprezentuje časť dynamického skratového prúdu, ktorá sa uzatvorí vodičom vyšetrovanej prípojnice, $I_{n \text{ dyn}}$ sú dynamické skratové prúdy vo zvyšných vodičoch danej fázy. Koeficient k_{11n} je koeficient usporiadanie vodičov, kde sa ale v závislosti na jednotlivých vodičoch fázy mení ich vzájomná vzdialenosť. Vzdialenosť a_{1n} je vzdialenosť vyšetrovaného vodiča danej fázy prípojnice a n-tého vodiča danej fázy. Parameter k určuje celkový počet vodičov jednej fázy v zloženej prípojnici [6].

3.1.2 Prípojnicové systémy

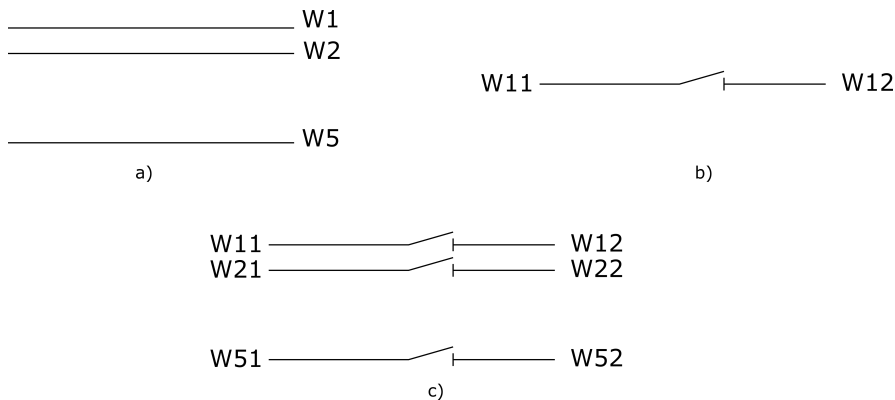
Počet a zapojenie prípojnic sú dané prevádzkovými požiadavkami a stupňom dôležitosti napájaných spotrebičov. Vo všeobecnosti je možné použiť 1 až 3 systémy hlavných prípojnic, ktoré v schémach väčšinou označujeme W1 až W3 a pomocnú prípojnicu W5. Väčší počet prípojnic umožňuje väčší počet prevádzkových stavov stanice a zvyšuje jej spoľahlivosť. Avšak stanice s väčším počtom prípojnic sú investične viac nákladné [5] - [8].

Prípojnice môžu byť rozdelené:

- *priečne* - viacero hlavných, respektíve pomocná prípojnic,
- *pozdĺžne* - hlavná prípojnic rozdelená pozdĺžne na dve časti,
- kombináciou priečného a pozdĺžneho delenia.

3.1. Prípojnice

Schémy rôznych typov delení prípojnic sú ilustrované na obr. 3.4, z ktorého je vidieť, že pri pozdĺžnom delení sa zvyknú značením rozlíšiť aj jednotlivé rozdelené časti hlavných prípojnic, napr. W11, W12 [5], [6].

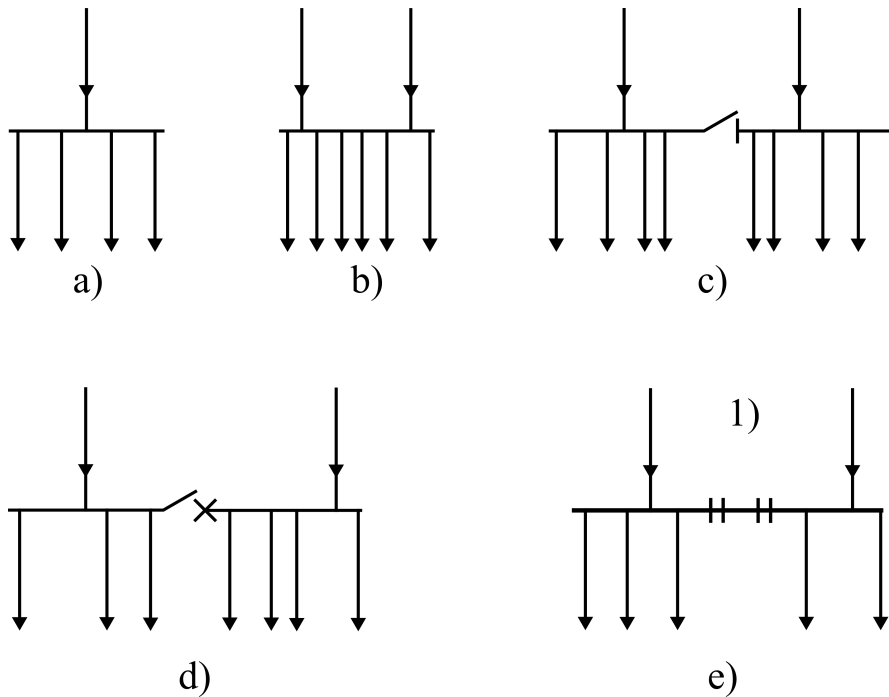


Obr. 3.4. Delenie prípojnic a) priečne, b) pozdĺžne, c) ich kombináciou

Jednoduchý systém prípojnic

Jednoduchý systém prípojnic, ako z názvu vyplýva, využíva len jednu hlavnú prípojnicu. Takýto systém sa väčšinou aplikuje len v nn sieťach a je ho možné použiť tam, kde nie je požiadavka na neprerušenú prevádzku pri revíziách a opravách. Pri požiadavke zabezpečenia napájania je možné prípojnice rozdeliť pozdĺžne na sekcie [5], [6].

Používané schémy jednoduchých systémov prípojnic sú znázornené na obr.3.5. Na obr.3.5 a) je naznačené napájanie stanice z jedného prívodu, pri poruche ktorého nie je rezerva. Na obr.3.5 b) je nedelený systém prípojnic s dvoma prívodmi, čo umožňuje okamžitú rezervu pri poruche jedného z nich. Obr.3.5 c) zobrazuje pozdĺžne delení prípojnicový systém s odpájačom, ktorého spínanie je možné len bez zaťaženia a obr.3.5 d) naznačuje pozdĺžne delení systém prípojnic s vypínačom [5].



Obr. 3.5. Schéma rozvodných zariadení s jednoduchým systémom prípojnic

Dvojitý systém prípojnic

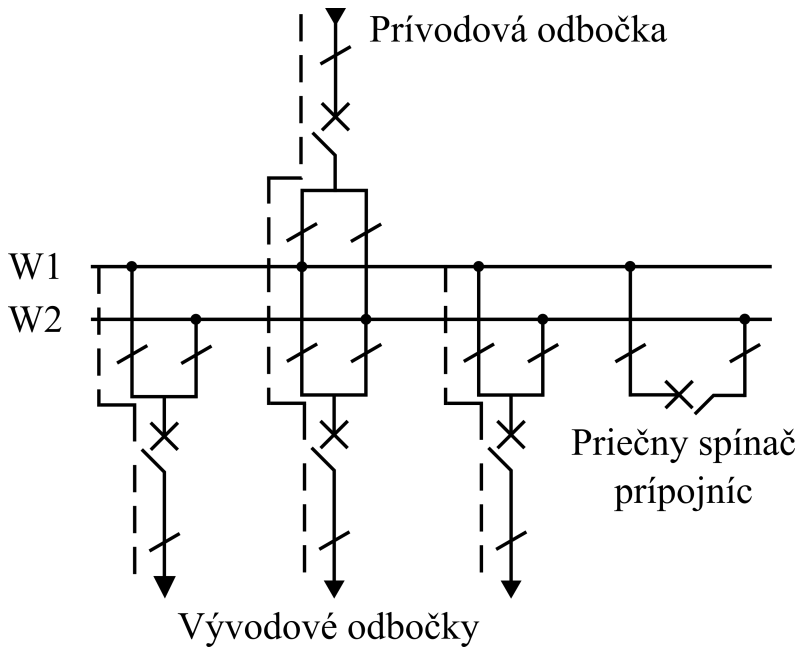
Ako z názvu vyplýva, dvojitý systém prípojnic využíva dve hlavné prípojnice, čo znamená, že na každú fázu sú použité dva vodiče. Takýto systém musí byť vybavený priečnym spínačom prípojnic, aby bolo možné vykonať prepájanie odbočiek na druhý systém prípojnic bez prerušenia dodávky. Systém dvoch hlavných prípojnic môže byť tiež ešte pozdĺžne rozdelený [5], [6].

Dvojitý systém prípojnic sa používa tam, kde sa vyžaduje zvýšená spoľahlivosť dodávky elektrickej energie, respektíve nie je dovolené prerušenie dodávky elektrickej energie z dôvodu kontroly, údržby alebo revízie prípojnice. Tento systém sa tiež používa v prípade, keď je potrebné rozdeliť napájacie zdroje z dôvodu obmedzenia skratových pomerov [5], [6].

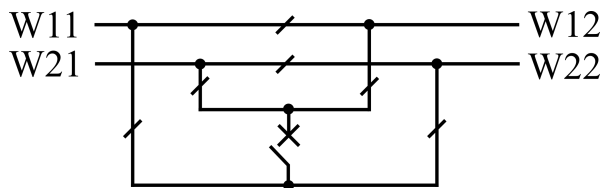
Schéma dvojitého systému prípojnic s jednou prívodovou odbočkou a prieč-

3.1. Prípojnice

ným spínačom prípojnic je znázornená na obr. 3.6. V prípade pozdĺžneho delenia musia byť prípojnice prepojené aj kombinovaným spínačom prípojnic, ktorý je vyobrazený na obr. 3.7 [5].



Obr. 3.6. Schéma dvojitého systému prípojnic

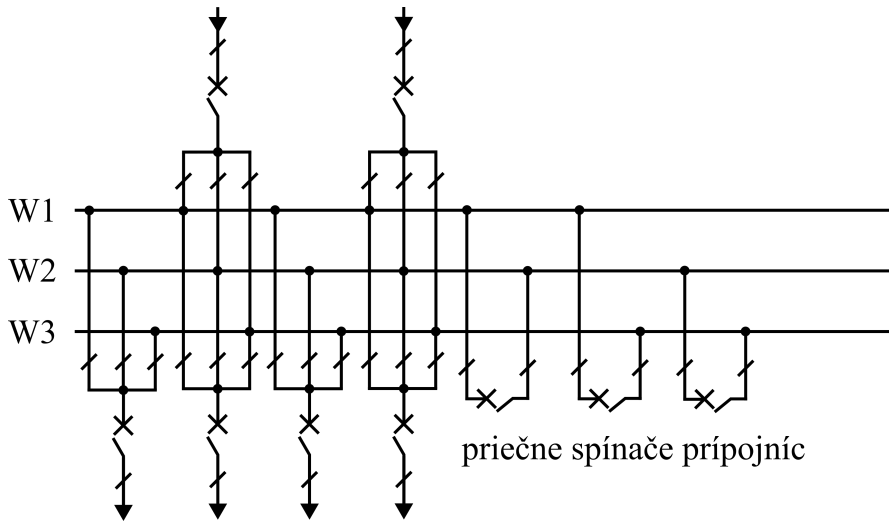


Obr. 3.7. Kombinovaný spínač prípojnic pre dvojité spínač prípojnic

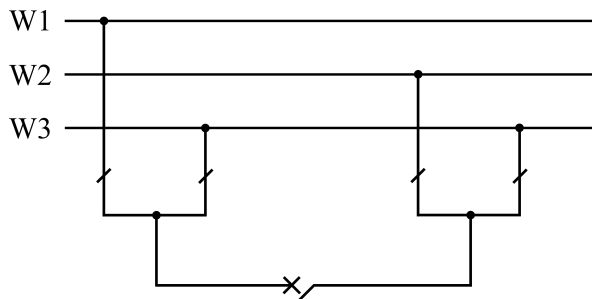
Trojité systém prípojnic

Trojité systém prípojnic využíva tri hlavné prípojnice W1 až W3. Takýto systém sa používa iba v rozvodných zariadeniach vvn a zvn. Používa sa hlavne tam, kde je potrebné oddeliť odber s prúdovými nárazmi od kludnej prevádzky,

respektíve tam, kde je potrebné rozdeliť zdroje z hľadiska obmedzenia skratových prúdov, či oddeliť napájanie vzdušných a káblových vývodov. Trojitý systém prípojnic sa používa aj v staniách, kde nie je dovolené ani krátkodobé prerušenie dodávky elektrickej energie [5], [6].



Obr. 3.8. Schéma rozvodného zariadenia s trojitým systémom prípojnic



Obr. 3.9. Kombinovaný priečny spínač pre trojitý systém prípojnic

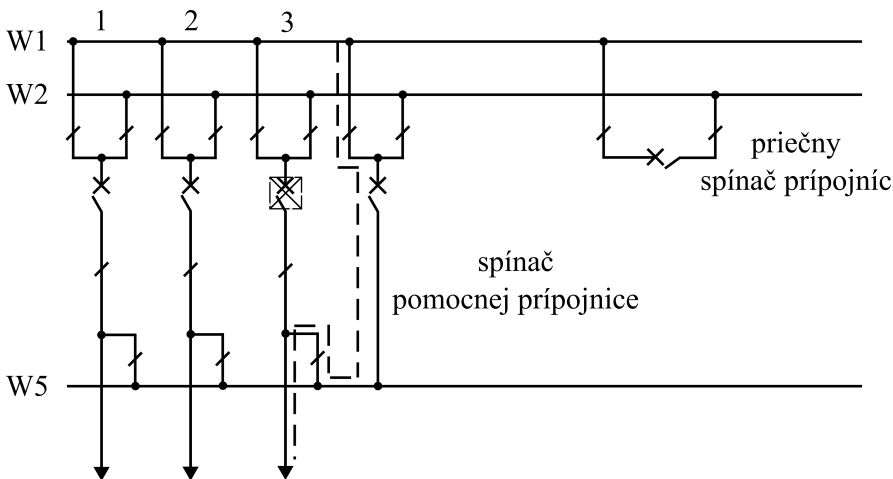
Schéma rozvodne s trojitým systémom prípojnic je ilustrovaná na obr. 3.8. Ako je vidieť na obrázku, takéto rozvodné zariadenie potrebuje priečne spínače prípojnic na možné prepojenie každej kombinácie priečne delených prípojnic.

3.1. Prípojnice

Zapojenie priečných spínačov prípojnic z obr. 3.8 sa už bežne nepoužíva a je nahrádzané kombinovaným priečnym spínačom prípojnic ako na obr. 3.9 [5].

Pomocný systém prípojnic

Pomocný systém prípojnic využíva okrem hlavných prípojnic aj pomocnú prípojnicu označovanú W5, ktorá sa používa v prípade, keď nie je prípustné odstavenie odbočky počas údržby jej vypínača alebo zariadení k nemu prislúchajúcich. Pomocná prípojnica potom slúži na záložné prevedenie výkonu tejto odbočky. Náhradná výzbroj zaisťuje vypnutie, ochranu, signalizáciu a meranie v odbočke spínača pomocnej prípojnice. Aby bola takáto prevádzka odbočky z pomocnej prípojnice možná, je potrebná mať v rozvodnom zariadení aj spínač pomocnej prípojnice, ktorý na túto prípojnicu privedie v prípade potreby výkon z hlavných prípojnic [5], [6].

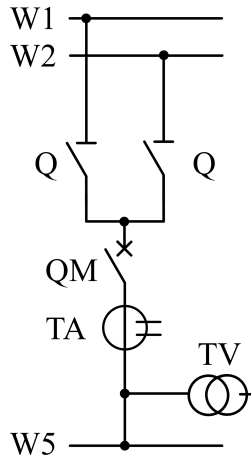


Obr. 3.10. Rozvodné zariadenie s pomocným systémom prípojnic

Prevádzka, keď je odbočka pripojená cez pomocnú prípojnicu, sa nazýva aj náhradná prevádzka. Na pomocný prípojnicový systém je možné pripojiť len jednu odbočku v danom čase a preto sa pomocná prípojnica a výzbroj odbočky so spínačom pomocnej prípojnice dimenzuje rovnako ako najsilnejšia odbočka

v danej rozvodni [5], [6].

Schéma rozvodného zariadenia s pomocnou prípojnícou a naznačenou prevádzkou tretieho vývodu cez pomocnú prípojnícou je ilustrovaná na obr. 3.10 (str. 35). Okrem osobitného spínača pomocnej prípojnice a priečného spínača prípojnic je možné v rozvodných zariadeniach využiť aj tzv. kombinovaný spínač pomocnej prípojnice, ktorý plní funkciu oboch týchto odbočiek. Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice je znázornený na obr. 3.11 (str. 36) [5].



Obr. 3.11. Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice

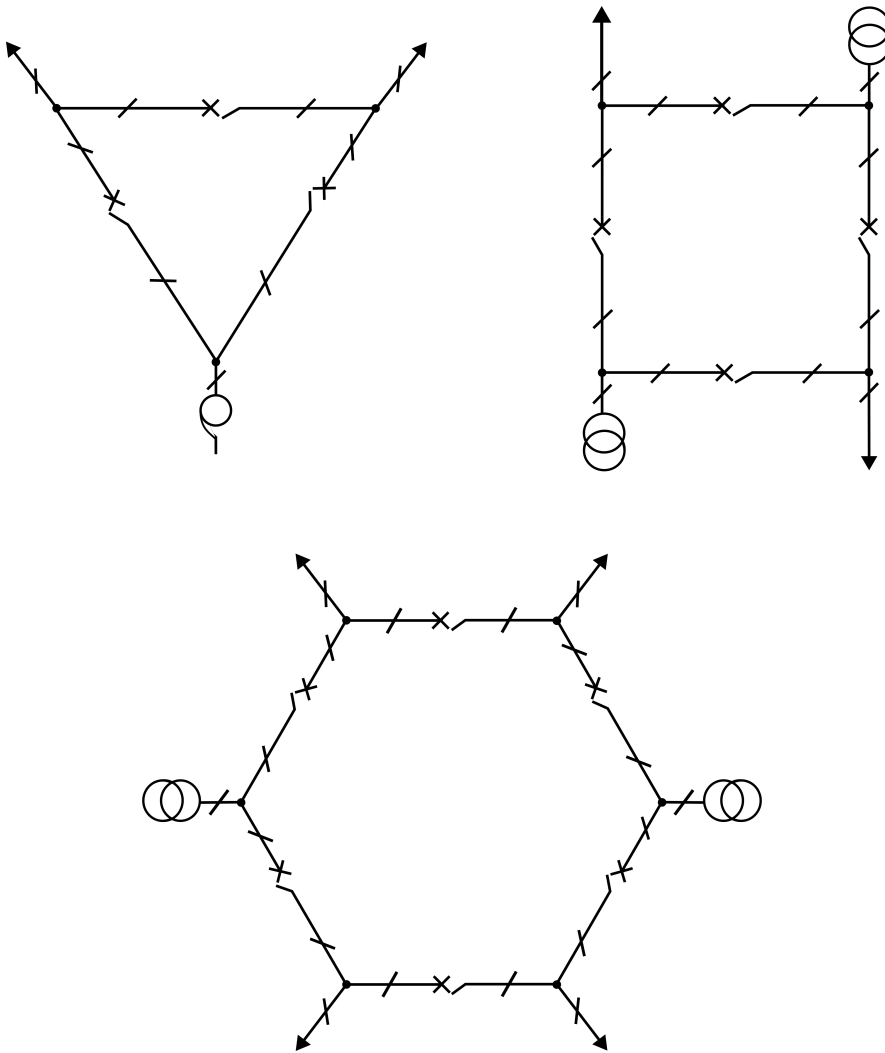
Rozvodne s okružnými prípojnícami

Rozvodne s okružnými prípojnícami sa niekedy využívajú vo vonkajších rozvodniach zvlášť vysokého a vysokého napätia. Rozvodne sú väčšinou zapojené do mnohouholníka, pričom toto zapojenie sa volí tam, kde sa požaduje obmedzenie následkov skratov v rozvodni na minimálny počet odbočiek [5], [6].

Takéto rozvodne sa môžu prevádzkovať:

- bez záložného vypínača (obr. 3.12 na str. 37),
- so záložným vypínačom (obr. 3.13 na str. 38).

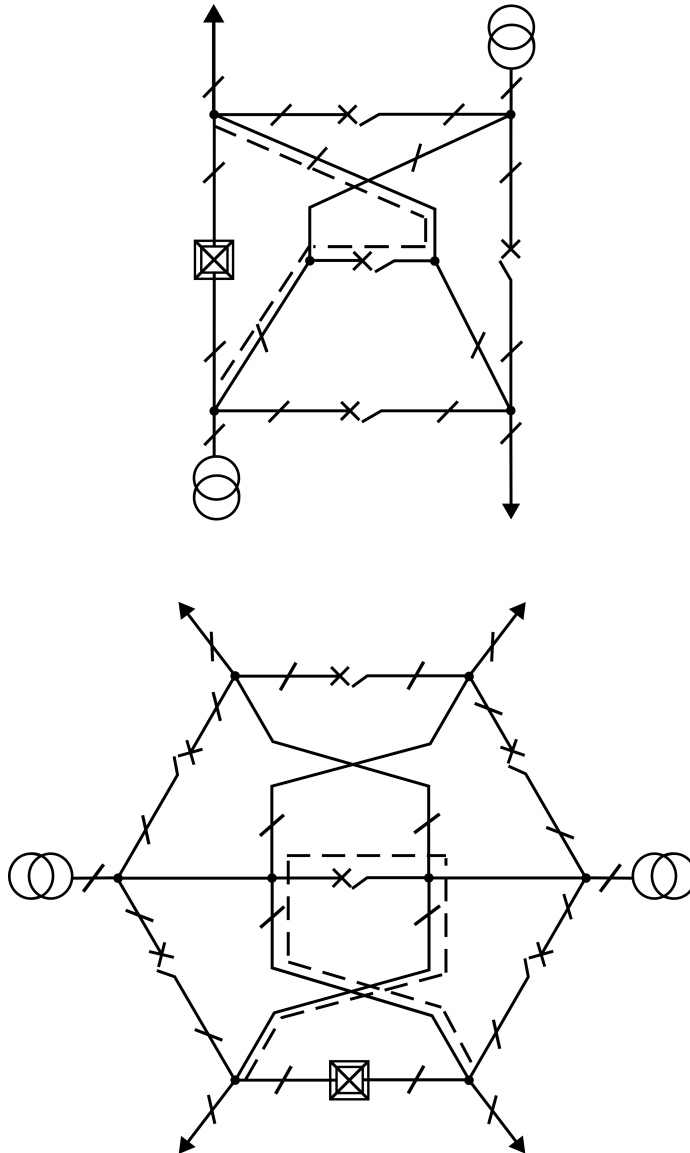
3.1. Prípojnice



Obr. 3.12. Rozvodne s okružnými prípojnicami bez záložného vypínača

Rozvodne bez prípojnic

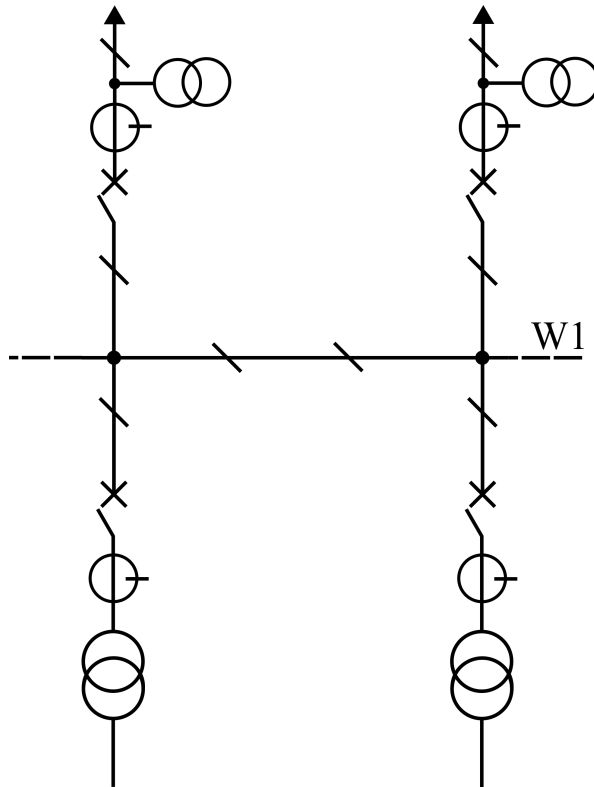
Rozvodne bez prípojnic sa využívajú vo vní rozvodniach s malým počtom odbočiek (najviac šesť). Takéto rozvodne sú v podstate zvláštnym prípadom zapojenia s okružnými prípojnicami, kde jeden alebo dva úseky sú vyhotovené



Obr. 3.13. Rozvodne s okružnými prípojnicami so záložným vypínačom

ako priečne spojky medzi odbočkami. Charakteristickou schémou používanou často pri staniách vvn/vn je spojenie do H, ktoré je ilustrované na obr. 3.14.

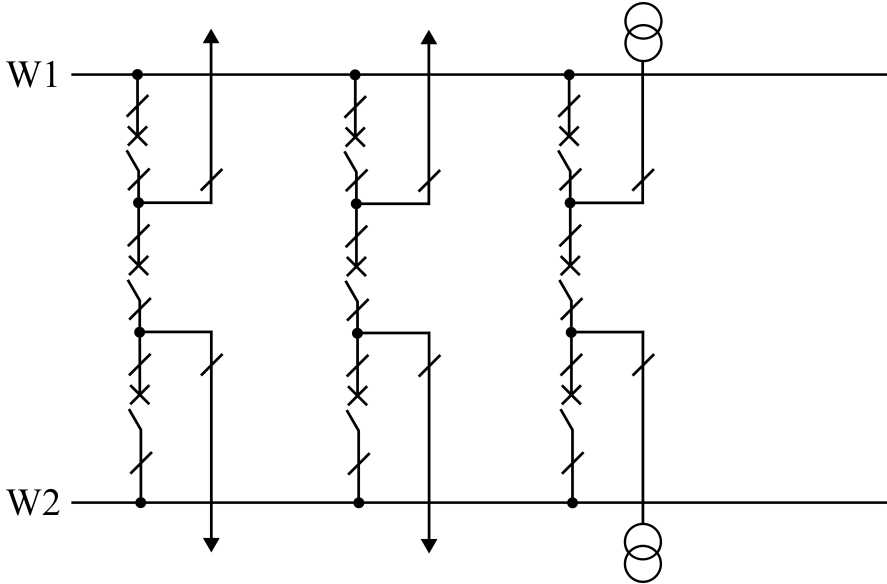
3.1. Prípojnice



Obr. 3.14. Schéma zapojenia rozvodne typu H

Rozvodne s väčším počtom vypínačov na jednu odbočku

Takéto zapojenie sa volí v rozvodniach s väčším počtom odbočiek, kde sa požaduje prevádzka odbočiek pri poruche vypínača. Typickým príkladom pre takéto rozvodné zariadenia sú elektrické stanice pre vyvedenie výkonu z elektrární. Schéma rozvodne s tromi vypínačmi na dve odbočky je znázornená na obr. 3.15 na str. 40 [5].



Obr. 3.15. Schéma rozvodne s väčším počtom vypínačov na jednu odbočku

3.2 Odbočky

Odbočky sú časť rozvodného zariadenia, ktorá nám umožňuje privádzať elektrickú energiu na prípojnice, respektíve ju ďalej odvádzať z prípojnic. Jednotlivé odbočky elektrických rozvodní sa umiestňujú potom osobitne do *kobiek*, resp. *skriní* v prípade rozvodní vn, alebo do tzv. *polí* v prípade rozvodní vvn a zvn. V takto vymedzenom priestore, t.j. v poli, resp. v kobke/skrini sa potom nachádzajú všetky zariadenia odbočky [5] - [8].

Odbočky v elektrickej stanici môžu obsahovať viaceré prepojené prístroje, ako napríklad [5] - [8]:

- *vypínač* – v schémach označujeme ako QM,
- *prípojnicový odpájač* – v schémach označujeme ako Q,
- *vývodový odpájač* - v schémach označujeme tiež ako Q, resp. QE v prípade, že obsahuje aj uzemňovacie nože,

3.2. Odbočky

- *prístrojové transformátory napätia* - v schémach označujeme ako TV,
- *prístrojové transformátory prúdu* - v schémach označujeme ako TA,
- *zvodiče prepätia* - v schémach označujeme ako FV,
- *elektrické ochrany*.

Podľa ich funkcie môžeme odbočky v elektrických staniaciach rozdeliť na:

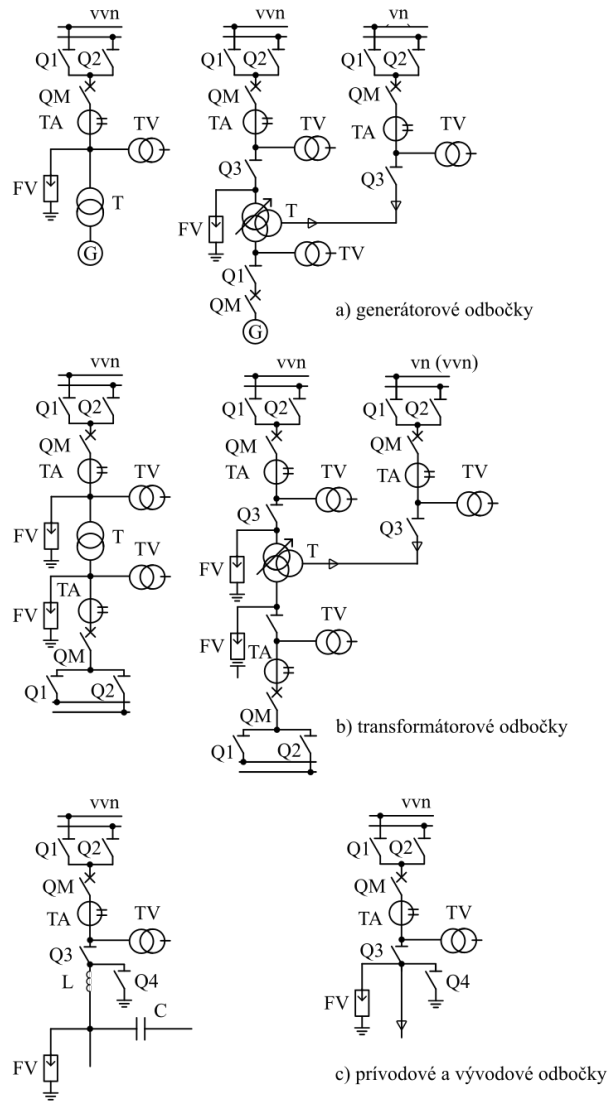
- *hlavné* - sem patria odbočky ako generátorová, transformátorová, vývodová respektíve prívodová pre vzdušné a káblové vedenia, motorická pre kompenzáciu,
- *pomocné* - spínače prípojnic, odbočky meraní, odbočky so zvodičmi prepätia na prípojniciach.

3.2.1 Hlavné odbočky

Zapojenia hlavných odbočiek v rozvodných zariadeniach zvn a vvn sú ilustrované na obr. 3.16 (str. 42). Na obr. 3.16a sú základné schémy generátorických odbočiek. Takéto odbočky samozrejme obsahujú generátor a jeho blokový transformátor, ako aj spínacie prístroje na pripojenie k hlavným prípojniciam a prístrojové transformátory na meranie. V prípade trojvlnového blokového transformátora je možné aj napájanie vlastnej spotreby stanice, ako je znázornené na obr. 3.16a vpravo.

Obr. 3.16b ilustruje zapojenie transformátorových odbočiek v rozvodných zariadeniach. Rovnako, ako pri generátorických odbočkách, sa okrem transformátora nachádzajú v danej odbočke aj prípojnicové odpájače a vypínače, ako aj prístrojové transformátory, ktoré umožňujú meranie elektrických veličín pre účely chránenia zariadenia a taktiež riadenia elektrickej stanice.

Prívodové a vývodové odbočky sú znázornené na obr. 3.16c. Tieto odbočky obsahujú navyš uzemňovače (Q4) a môžu obsahovať aj kompenzačné zariadenia (L, C) [5], [6].



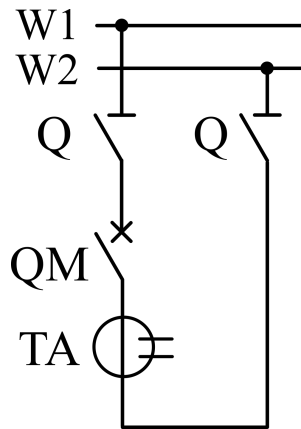
Obr. 3.16. Hlavné odbočky v rozvodných zariadeniach zvn, vvn

3.2. Odbočky

3.2.2 Pomocné odbočky

Ako už bolo spomenuté vyššie, pomocné odbočky pozostávajú najčastejšie z odbočiek pre spínače prípojnic a odbočiek pre meranie napätia prípojnic.

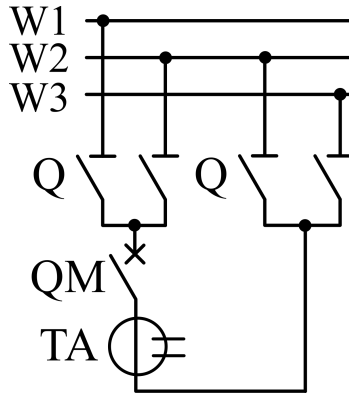
Priečny spínač prípojnic (obr. 3.17) umožňuje prechod z jedného systému prípojnic na druhý bez prerušenia dodávky elektrickej energie. Z toho dôvodu prepája tie dve priečne delené prípojnice pomocou systému dvoch prípojnicových odpájačov v okolí vypínača. Prístrojový transformátor v odbočke umožňuje informatívne meranie o prepojení prípojnic [5], [6].



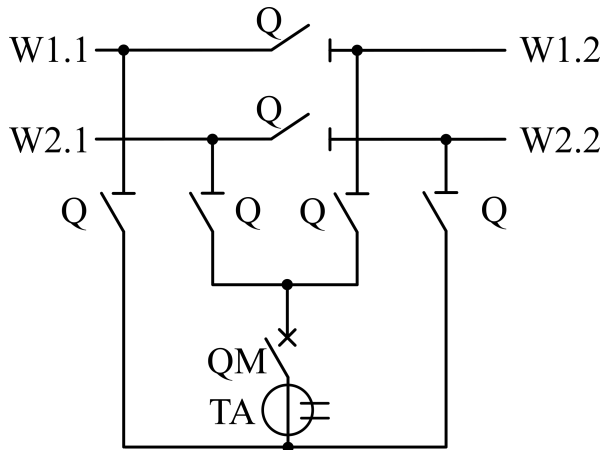
Obr. 3.17. Priečny spínač prípojnic

Pozdĺžny spínač prípojnic (obr. 3.18) umožňuje manipuláciu odpájačov, ktoré pozdĺžne delia prípojnice, pod zaťažením. Okrem prepojenia z jednej strany pozdĺžne delenej prípojnice na druhú, sa na obrázku nachádzajú vždy dva prípojnicové odpájače na každej strane z dôvodu využitia dvojitého systému prípojnic [5], [6].

Kombinovaný spínač prípojnic (obr. 3.19) umožňuje prepojenie pri kombinácií viacerých typov delenia prípojnic, v tomto prípade priečného a pozdĺžneho [5], [6].



Obr. 3.18. Pozdĺžny spínač prípojnic

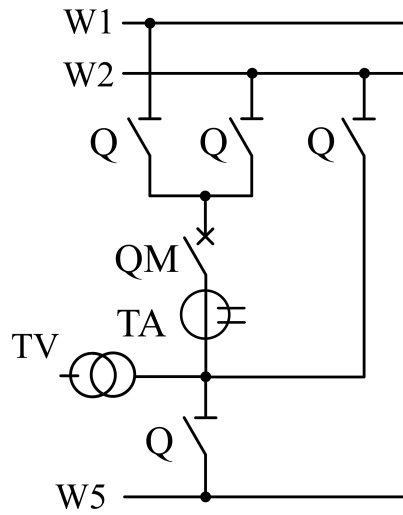


Obr. 3.19. Kombinovaný spínač prípojnic

Spínač pomocnej prípojnice na obr. 3.20 umožňuje prechod prevádzky z hlavného systému prípojnic na pomocný systém prípojnic bez prerušenia dodávky elektrickej energia. Samozrejme, je možné ho využiť len v prípade existencie pomocnej prípojnice v rozvodnom zariadení [5], [6].

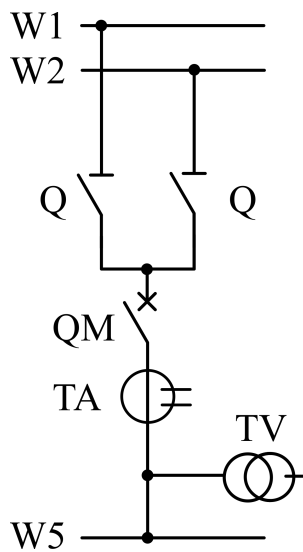
Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice (obr. 3.21) kombinuje funkcionality spínača pomocnej prípojnice a priečného spínača prípojnic. Tým umožňuje prepojenie medzi hlavnými, resp. hlavnou a pomocnou prípojnicou bez preru-

3.2. Odbočky



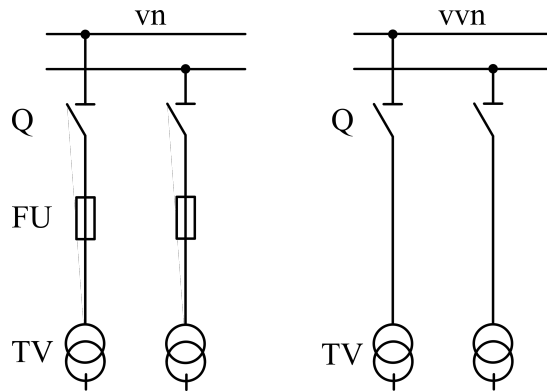
Obr. 3.20. Spínač pomocnej prípojnice

šenia dodávky elektrickej energie [5], [6].



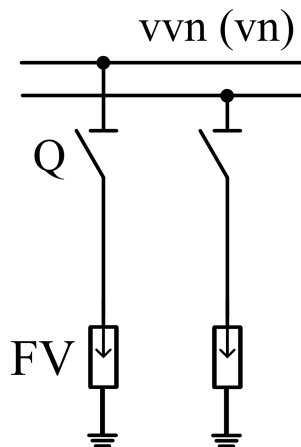
Obr. 3.21. Kombinovaný spínač pomocnej prípojnice

Odbočky merania (obr. 3.22) sa zriaďujú na každom systéme prípojnic a napájajú príslušne meranie, regulačné a istiace prístroje. Väčšinou sú vybavené prístrojovými transformátormi napätia a odpájačmi. V prípade rozvodných zariadení do 35 kV sú vybavené aj poistkami [5], [6].



Obr. 3.22. Schémy odbočiek merania

Pomocné *odbočky vodičov prepätia* na prípojniciach slúžia pri prepätiach, ktoré sa môžu vyskytnúť v rozvodnom zariadení. Schéma odbočiek vodičov prepätia na prípojniciach je znázornená na obr. 3.23 [5], [6].



Obr. 3.23. Pomocná odbočka vodičov prepätia na prípojniciach

Kapitola 4

Prístroje v rozvodných zariadeniach

Prístroje v rozvodných zariadeniach plnia dôležité funkcie ako spínanie, meranie a istenie. Z toho dôvodu musia byť preto svojimi parametrami a funkčnými vlastnosťami prispôbené požiadavkám elektrickej stanice, prípadne jej časti. Čo znamená, že musia okrem izolačnej stránky vyhovovať aj z hľadiska menovitých prúdov, namáhania pri prechodných stavoch, skratoch a prepätiach, ako aj z hľadiska podmienok mechanického namáhania [5] - [8].

Podľa ich funkcie, je možné prístroje v rozvodných zariadeniach rozdeliť do troch skupín a to [5], [6]:

- *spínacie prístroje* - tieto prístroje sú určené na vypínanie a zapínanie silnoprúdového rozvodu, čím umožňujú meniť konfigurácie prenosových a rozvodných sústav, spínať napájané elektrické zariadenia a spotrebiče,
- *prístrojové transformátory* - zariadenia, ktoré zabezpečujú meranie prúdu a napätia za účelom istenia a merania týchto veličín,
- *zvodiče prepätia a bleskoistky* - zariadenia, ktoré obmedzujú prepätia

na bezpečné hodnoty.

4.1 Spínacie prístroje

V elektrických staniách sa používajú rôzne spínacie prístroje, ktoré sa od seba líšia ako účelom použitia, tak aj vypínacou schopnosťou. Najčastejšie sa v rozvodných zariadeniach používajú nasledovné spínacie prístroje [5], [6]:

- *ističe, stykače* - v nn rozvodných zariadeniach,
- *odpínače, úsečníky* - vo vn sieťach,
- *odpájače* - naprieč napäťovými sústavami,
- *uzamňovače* - naprieč napäťovými sústavami,
- *výkonové vypínače* - v rozvodných zariadeniach vn až zvn.

Hlavné parametre spínacích prístrojov, podľa ktorých je možné ich navrhovať pre rozvodné zariadenia sú [5], [6]:

- *menovité napätie* - najvyššie napätie sústavy, pre ktorú je prístroj určený,
- *menovitý prúd* - maximálne prevádzkové zaťaženie prístroja,
- *menovitá frekvencia* - prevádzková frekvencia, na ktorú je prístroj navrhnutý,
- *menovité zotavené napätie* - definované strmostou a prekmitom zotaveného napätia,
- *menovitý vypínací/zapínací prúd* - prúd, ktorý zvládne prístroj vypnúť resp. zopnúť bez poškodenia,
- *dynamický prúd* - maximálna vrcholová hodnota prúdu, ktorý prístroj znesie bez poškodenia,

4.1. Spínacie prístroje

- *menovitá postupnosť funkcií* - definovaná pri možnosti funkcií opätovného zapínania,
- *vypínacia charakteristika* - grafická závislosť vypínacej doby od prúdového preťaženia.

Pri spínaní spínacích prístrojov je nevyhnutnou súčasťou pohon, ktorý oddeľí, respektíve spojí kontakty spínacieho prístroja. Používané pohony spínacích prístrojov možno rozdeliť na [5] - [8]:

- elektrický,
- pneumatický,
- ručný.

4.1.1 Výkonové vypínače

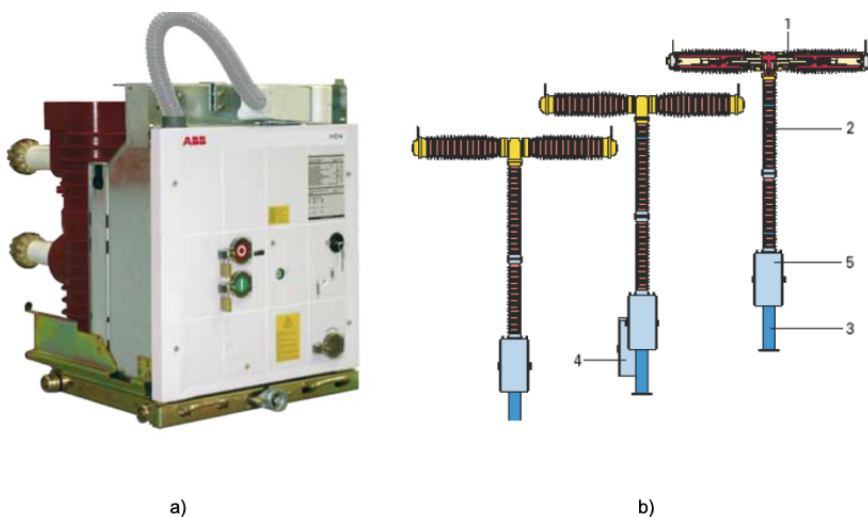
Výkonové vypínače slúžia v rozvodných zariadeniach na vypínanie a zapínanie prúdových obvodov v zaťaženom stave ale aj pri poruche v rámci svojej vypínacej schopnosti [5] - [8].

Podľa spôsobu zhášania oblúka rozdeľujeme výkonové vypínače na [5] - [8]:

- *plynotvorné* - s tuhým hasivom, ktoré vplyvom elektrického oblúka vytvára plyn pôsobiaci ako zhášacie médium,
- *olejové* - systém kontaktov je ponorený v oleji, ktorý zháša oblúk,
- *expanzné* - zhášacie médium v týchto vypínačoch je voda s prímiesou proti zamrznutiu, z ktorej elektrický oblúk vytvorí paru, ktorá expanduje a svojím prúdením spôsobuje ochladenie a uhasenie oblúka,
- *máloolejové* - fungujú na podobnom princípe ako expanzné vypínače, rozdiel je v tom, že zhášacím médium je olej,
- *tlakovzdušné* - na uhasenie oblúka používajú stlačený vzduch,

- *vypínače s elektronegatívnym plynom (SF6)* - ako zhášadlo sa používa hexafluorid síry SF6,
- *vákuové* - zhášadlom v týchto vypínačoch je samotné vákuum.

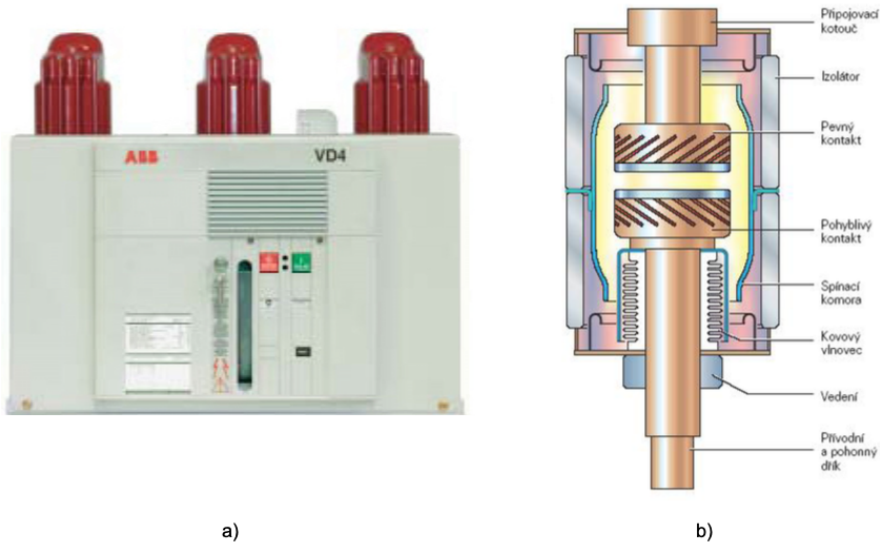
V dnešnej dobe sa najčastejšie používajú SF6 a vákuové vypínače vďaka ich dobrým vypínacím schopnostiam a malým rozmerom. SF6 vypínač pre vnútorné aj vonkajšie použitie je ilustrovaný na Obr. 3.1. Vákuový vypínač pre rozvodné zariadenie vn, aj s prierezom zhášacej komory, je znázorený na obr. 4.1 [5], [6].



Obr. 4.1. Výkonový vypínač SF6 a) vnútorný [11], b) vonkajší [12]

Pri výbere výkonových vypínačov do odbočky musia byť splnené podmienky na ich dimenzáciu. To znamená, že je potrebné vybrať taký vypínač, ktorý vydrží prechod skratového prúdu (jeho mechanické a tepelné účinky) možného pre danú odbočku. Okrem toho je potrebné, aby menovitý prúd vypínača bol väčší alebo rovný ako menovité zaťaženie danej odbočky. Čo sa týka vypínacieho prúdu vypínača, ten by mal byť väčší alebo rovný ako ustálený skratový prúd vo vybranej odbočke a zapínací prúd vypínača by mal byť väčší

4.1. Spínacie prístroje



Obr. 4.2. Vákuový vypínač a) celok [11], b) zhášacia komora [13]

alebo rovný ako dynamický skratový prúd v danej odbočke, keďže nie je istá, či sa vypínač nezopne priamo do možného skratu [6].

4.1.2 Odpájače

Odpájače v odbočkách slúžia na viditeľné a bezpečné odpojenie zariadenia od napätia (resp. viditeľné rozpojenie prúdovej cesty obvodu). To je potrebné hlavne pri revíziách, opravách a údržbách na výkonových vypínačoch. Viditeľnosť odpojovanej dráhy nie je potrebná len v tom prípade, ak je nahradená spoľahlivou signalizáciou stavu, napríklad v zapúzdrených rozvádzačoch [8].

Dôležitou vlastnosťou odpájačov ale je, že môžu spínať pod napätím avšak bez zaťaženia [5], [6].

Podľa účelu rozdeľujeme odpájače v rozvodných zariadeniach na:

- *prípojnicové* – zaisťujú viditeľné odpojenie odbočky od systému prípojnic,

- *vývodové* – zaisťujú viditeľné odpojenie vedenia od vypínača odbočky. Takéto odpájače bývajú často vybavené aj uzemňovacími nožmi, ktoré avšak musia byť blokované, aby nemohli byť zopnuté naraz.

Podľa konštrukčného usporiadania delíme odpájače na [5] - [8]:

- nožové,
- sklápacie,
- rotačné,
- pantografické.

Jednotlivé možné konštrukcie odpájačov sú znázornené na obr. 4.3 na str. 53.

Ako bolo spomenuté vyššie, odpájače nemajú žiadnu vypínicu schopnosť, keďže nemôžu byť vypínané pod záťažou. Avšak, keď sú zopnuté, musia vydržať tok menovitého aj skratového prúdu bez toho, aby zmenili svoje vlastnosti. Z tohto dôvodu je pri výbere vhodného odpájača potrebné dodržať, aby jeho menovitý prúd bol väčší alebo rovný ako menovitý prúd odbočky a jeho otepľovací a dynamický skratový prúd boli rovné alebo väčšie ako tieto prúdy v odbočke pri skrate [6].

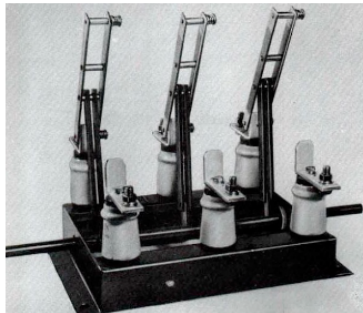
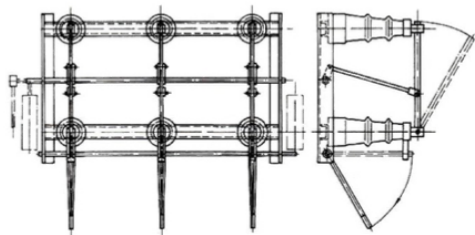
4.1.3 Uzemňovače

Uzemňovače v rozvodných zariadeniach slúžia na uzemnenie obvodu a nemajú žiadnu vypínicu schopnosť. Preto sa pri výbere vhodného uzemňovača pracuje len s menovitým napätím daného rozvodného zariadenia. Na obr. 4.4 (str. 54) je vyobrazený príklad vn uzemňovača [5], [6].

4.1.4 Odpínače

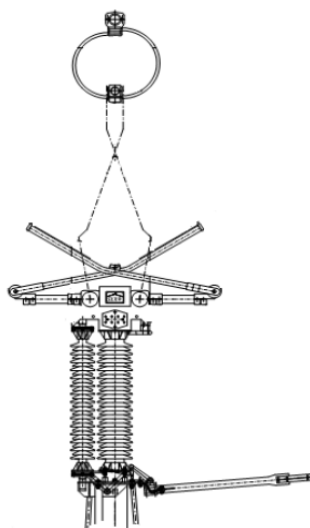
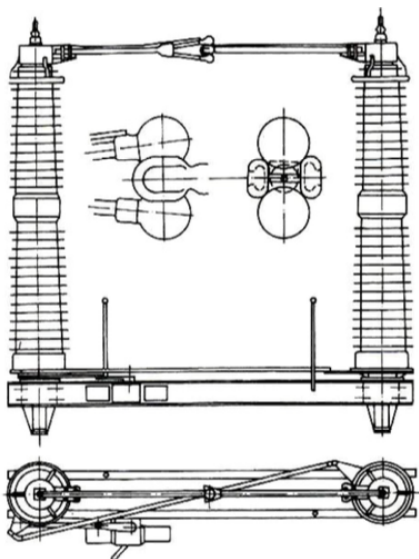
Odpínače v elektrických staniách slúžia na viditeľné a bezpečné odpojenie zariadenia od napätia, ale navyše dokážu aj vypnúť obvod pod záťažou

4.1. Spínacie prístroje



a)

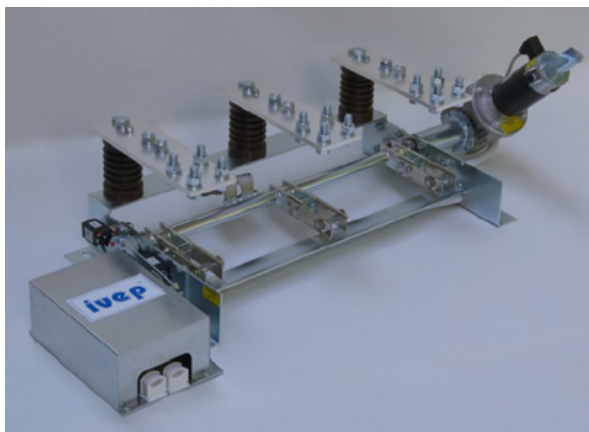
b)



c)

d)

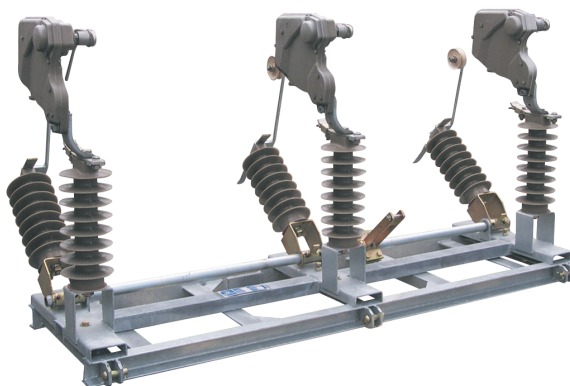
Obr. 4.3. Konštrukčné usporiadania odpájačov a) nožové, b) sklápacie, c) rotačné, d) pantografické



Obr. 4.4. Príklad uzemňovača pre napätovú haldinu vn [14]

až do výšky svojho menovitého prúdu. Nie sú však schopné (určené) vypínať poruchové prúdy. Preto sa väčšinou používajú maximálne v rozvodných zariadeniach vn (obr. 4.5) a aj to v kombinácii s poistkou, ktorá chráni obvod pred skratom [5], [6].

Pri dimenzovaní odpínača platia podobné podmienky ako pre výkonový vypínač. Rozdiel je len v tom, že vypínací prúd odpínača musí byť väčší alebo rovný ako menovitý prúd odbočky [6].



Obr. 4.5. Trojfázový vn odpínač [15]

4.2 Prístrojové transformátory

V súčasnej dobe existuje široké spektrum prístrojov na meranie rôznych elektrických veličín (napr. prúdu, napätia, výkonu, frekvencie, účinníka, ...). Podľa účelu a využitia nameraných dát sa rozlišuje *meranie pre potreby riadenia a monitorovania* elektroenergetických zariadení, *pre istenie elektrických obvodov* zabezpečujúcich bezpečnú prevádzku elektrických zariadení, *pre reguláciu* prevádzkových veličín a špeciálnou podskupinou je *fakturačné meranie*.

Ako je známe, rozsah elektrických veličín v elektrizačnej sústave je veľmi široký (napr. prúd sa môže pohybovať od mA po kA, takisto aj napätie od mV po kV). Z tohto dôvodu je veľmi problematické prispôbiť meracie prístroje tak širokému vstupnému rozsahu meraných veličín pri zachovaní požadovanej presnosti merania. Preto sa tieto prístroje nezapájajú priamo do elektrického obvodu, kde by boli vystavené priamemu pôsobeniu skratov a prepätí, ale prostredníctvom prístrojových transformátorov napätia a prúdu, ktoré nazývame všeobecne *prístrojové transformátory*. Konštrukcia a funkcia prístrojových transformátorov je prispôbená na tento účel. Prístrojové transformátory ďalej napájajú elektrické prístroje, ktoré môžu mať funkciu meraciu, istiacu alebo obe súčasne. Tomu je prispôbená aj konštrukcia prístrojových transformátorov, keďže väčšinou majú niekoľko sekundárnych vinutí, ktoré napájajú meracie a istiace prístroje alebo obvody.

Prístrojové transformátory sa delia na dve základné skupiny: *prístrojové transformátory prúdu* (PTP) a *prístrojové transformátory napätia* (PTN). Prístrojové transformátory prúdu a napätia transformujú prúd alebo napätie meraného obvodu na hodnoty vhodné pre napájanie ochrán a meracích prístrojov. Oddeľujú meracie a istiace obvody od vysokých hodnôt napätia a zabezpečujú, aby sa pre rôzne hodnoty vstupných prúdov a napätí mohli na ich výstupe používať rovnaké meracie a ochranné prístroje. Väčšinou majú pevný prevod, sú však aj prepínateľné. Izoláciu tvorí vzduch, olej alebo zalievacia hmota (väčši-

nou epoxid).

Meracie prístrojové transformátory musia byť presné predovšetkým v pracovnej oblasti (v okolí menovitej hodnoty). Istiace prístrojové transformátory musia zaisťovať dostatočný prenos aj na hranici pracovnej oblasti, pri veľkých prúdoch a minimálnom napätí. Ich inštalácia závisí na charaktere a dôležitosti miesta merania (napr. od typu poľa elektrickej stanice) a taktiež od požiadaviek merania a chránenia v mieste ich inštalácie (iné ochrany sa používajú na chránenie vývodu vedenia a iné pre transformátor). Veľmi často je v jednotlivých poliach elektrickej stanice nainštalovaný len prístrojový transformátor prúdu a prístrojové transformátory napätia sú umiestnené v samostatnom poli merania, ktoré je spoločné pre celý systém prípojnic.

Prístrojové transformátory vysokého napätia sa vyrábajú pre vonkajšie použitie v rozvodniach, alebo vnútorné použitie v rámci skriňových rozvádzačov vysokého napätia a kobkových rozvodní. Podľa spôsobu vyhotovenia meracieho systému sa delia na:

- **induktívne prístrojové transformátory:**

- napätia (PTP),
- prúdu (PTN),

- **elektronické prístrojové transformátory:**

- napäťové senzory,
- prúdové senzory,
- kombinované senzory.

4.2.1 Prístrojové transformátory napätia

Induktívne prístrojové transformátory napätia (PTN) sa pripájajú paralelne prostredníctvom ich primárneho vinutia k obvodu, v ktorom sa meria

4.2. Prístrojové transformátory

napätie. Toto napätie sa následne transformuje do sekundárneho vinutia prostredníctvom feromagnetického obvodu na základe zákona elektromagnetickej indukcie. Preto sa nazývajú induktívne prístrojové transformátory. Vlastnosti PTN sú podobné výkonovým transformátorom, ale sú malého typového výkonu s malým napätím nakrátko u_k . V ideálnom PTN je prevod definovaný ako pomer primárneho a sekundárneho počtu závitov, ktorý sa rovná pomeru primárneho a sekundárneho napätia:

$$p_N = p_U = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (4.1)$$

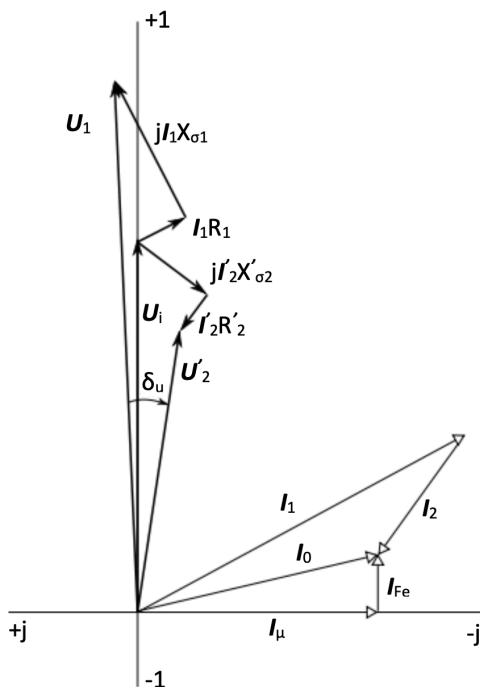
Prístrojové transformátory napätia pracujú v blízkosti stavu naprázdno. Pripojujú sa buď medzi fázu a zem (jednopolovo izolované) alebo medzi fázy meranej siete (dvojpolovo izolované). Svorky sekundárneho vinutia sa nesmú spojiť nakrátko. Menovité sekundárne napätie sa volí s ohľadom na pripojený merací prístroj. Typické hodnoty sú 100 V, 110 V a 120 V. Pri trojfázových uzemnených jednopolovo izolovaných PTN sú tieto hodnoty vydelené o odmocninu z troch, napr. $110/\sqrt{3}$ V. Menovitá záťaž PTN je obvykle 60 VA [16].

PTN môžu mať niekoľko samostatných sekundárnych vinutí na meranie, istenie a signalizáciu zemného spojenia (vinutia sú pri trojfázovom systéme zapojené do otvoreného trojuholníka). Niektoré PTN je možné na primárnej alebo sekundárnej strane prepínať a získať tak niekoľko prevodov. Primárna strana PTN sa u vn môže istiť proti skratu poistkami, u vvn a zvn sa neistí. Prednostne sa majú používať jednopolovo izolované PTN (aj keď sa v trojfázových sústavách musia použiť tri kusy), nakoľko pri ich poruche nedôjde k medzifázovému skratu. Sekundárna strana PTN sa na ochranu pred preťažením istí poistkami alebo ističmi. Vstupné svorky prístrojových transformátorov napätia sa označujú písmenami M , N a výstupné m , n .

PTN sú charakterizované nasledovnými vlastnosťami:

- *menovitým vstupným napätím* U_N ,

- hraničným prevádzkovým prúdom $I_{Nk} = 1,2 \cdot I_{Nk}$,
- menovitým výstupným napätím,
- triedou presnosti - pre meranie sa používajú triedy presnosti 0,1 až 3, pre istenie 3P alebo 6P; pri meraní elektrickej energie za účelom fakturácie sa u vn používa trieda presnosti 0,5 a pri vyšších napäťových hladinách trieda presnosti 0,2,
- menovitou záťažou - pre každý výstup tak veľkou, aby chyba prevodu neprekročila 10 % a oteplenie neprekročilo dovolenú hranicu.



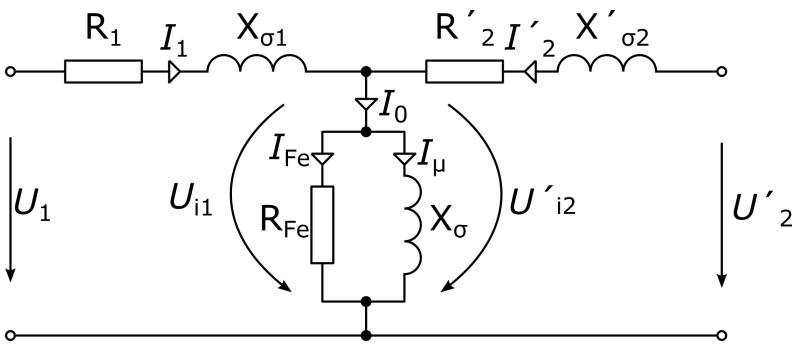
Obr. 4.6. Fázorový diagram PTN

Veľmi dôležitým parametrom PTN je presnosť merania. Na obr. 4.6 je fázorový diagram transformátora napätia, ktorý zodpovedá jeho náhradnej schéme,

4.2. Prístrojové transformátory

ktorá je na obr. 4.7. Ako je z neho vidieť, primárne napätie U_1 nie je totožné s prepočítaným sekundárnym napätím U'_2 na primárnu stranu, ani čo sa týka veľkosti a ani čo sa týka smeru. Je to spôsobené vnútorným úbytkom napätia na primárnej impedancii transformátora Z . Táto impedancia sa skladá z primárnych veličín: odporu R_1 a reaktancie $X_{\sigma 1}$. V praxi je snahou ich minimalizovať, aby chyba vzniknutá meraním bola čo najmenšia. Chyba napätia ϵ_U sa uvádza percentuálne a je to vlastne úbytok napätia transformátora, ktorý je definovaný pomerom:

$$\epsilon_U = \Delta U = \frac{|p_U \cdot U_2 - U_1|}{U_1} \cdot 100. \quad (4.2)$$



Obr. 4.7. Fázorový diagram PTN

Súčasne vzniká aj chyba spôsobená rozdielom fázového posunu δ_U , ktorý predstavuje chybu uhla (obr. 4.6). Udáva sa v minútach a predstavuje uhol medzi vektormi U_1 a U'_2 . Táto chyba uhla ovplyvňuje presnosť merania výkonu a spotreby elektrickej energie. V praxi je dôležité tieto chyby minimalizovať a tým zvýšiť presnosť merania napätia. V skutočnosti sa chyba napätia ϵ_U skladá z chyby naprázdno a z chyby spôsobenej záťažou. Rovnako chyba uhla δ_U sa skladá z chyby naprázdno a z chyby spôsobenej záťažou.

Chyby napätia a uhla nie sú konštantné, ale závisia od rôznych prevádzkových veličín. Sú spôsobené najmä:

- *úbytkom napätia* od prúdu naprázdno - v nezaťaženom stave,
- *záťažou* - podobne ako u výkonových transformátorov,
- *účinníkom* - zväčšovaním účinníku sa chyba PTN znižuje
- *frekvenciou*.

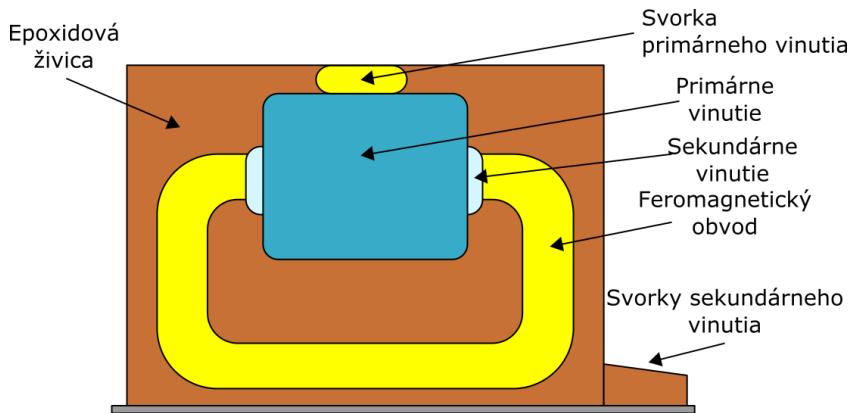
Prehľad dovolených chýb pre meracie a istiace prístrojové transformátory napätia je uvedený v tabuľke 4.1 [16].

Tab. 4.1. Dovoľené chyby PTN

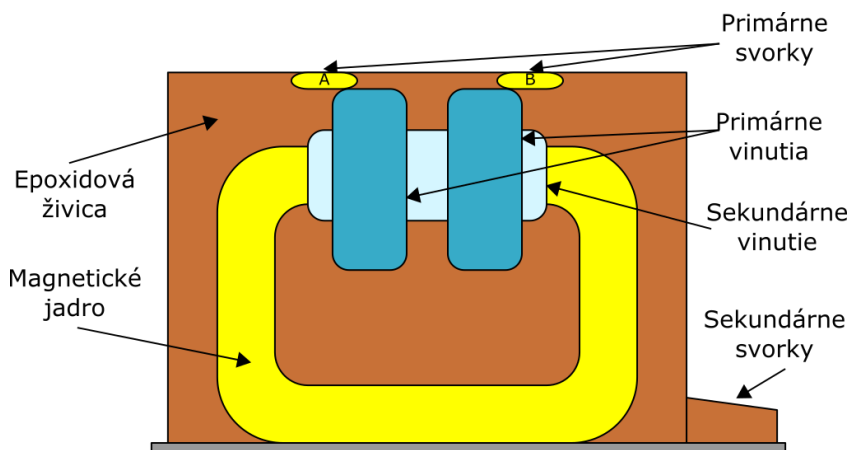
Trieda presnosti	Chyba napätia $\pm\epsilon_U$ (%)	Chyba uhla $\pm\delta_U$ (')
Pre meranie		
0,1	0,1	5
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1	1	40
3	3	nie je určené
Pre istenie		
3P	3	120
6P	6	240

Prístrojové transformátory napätia do 35 kV, ktoré sú určené pre vnútorné použitie, sa skoro výhradne zalievajú do epoxidových živíc (obr. 4.8 a obr. 4.9 na str. 61), vďaka čomu môžu byť inštalované v akejkoľvek polohe [17]. PTN pre vonkajšie použitie a PTN pre napätovú hladinu vvn sú zvyčajne vyhotovené z porcelánu (obr. 4.10 na str. 62).

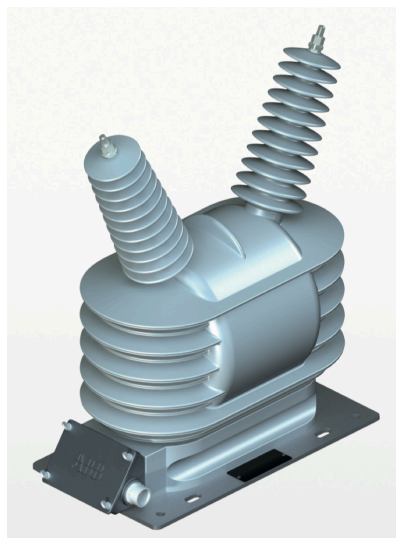
4.2. Prístrojové transformátory



Obr. 4.8. Vnútorne usporiadanie jedнопólového PTN [17]



Obr. 4.9. Vnútorne usporiadanie dvojpólového PTN [17]



Obr. 4.10. Ukážka PTN pre vnútorné použitie (vľavo) a vonkajšie použitie (vpravo) [17]

4.2.2 Prístrojové transformátory prúdu

Induktívne prístrojové transformátory prúdu (PTP) sa pripájajú do obvodu sériovo, takže ich primárne vinutia musia byť dimenzované aj na pretekanie veľkých skratových prúdov, ktoré môžu dosahovať veľkosť až stovky ampérov. Menovitý prevod PTP je daný pomerom menovitého primárneho prúdu I_{1N} k menovitému sekundárnemu prúdu I_{2N} [16]:

$$p_I = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}. \quad (4.3)$$

Prístrojové transformátory prúdu majú svoju pracovnú oblasť blízko chodu nakrátko. PTP sa vyrábajú s jedno- alebo viac-závitovým primárnym vinutím a môžu byť jedno- alebo viacjadrové. Viacjadrové PTP majú napr. jedno sekundárne vinutie určené pre meranie a druhé pre istenie s príslušnými charakteristikami. Normalizované hodnoty menovitých primárnych prúdov sú 10,

4.2. Prístrojové transformátory

12,5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75 A a ich dekadické násobky alebo zlomky. Veľkosť menovitého sekundárneho prúdu môže byť 1 A, 2 A alebo 5 A. Prednostne sa má používať výstupná hodnota 1 A, pretože je to hospodárnejšie z hľadiska dimenzovania prierezu prírodných vodičov od sekundárnych svoriek PTP k prístrojom a menšej chyby [16].

Triedy presnosti sú rovnaké ako u PTN. Menovitá záťaž PTP, udávaná vo VA, znamená súčet príkonov spotrebičov vrátane strát v prírodných vodičoch, pri ktorých je ešte dodržaná trieda presnosti (v SR je to 15 VA pre vyššie triedy presnosti a 30 VA pre tie nižšie). Namiesto záťaže sa často udáva zaťažovacia impedancia – menovité bremeno. Pri vzraste bremena rastú chyby a pri rozpojení sekundárnych svoriek dochádza k vzniku prepätí. Preto pri odpojení záťaže PTP musia byť jeho sekundárne svorky skratované. Primárny obvod PTP sa istí poistkami iba výnimočne, istenie sekundárneho obvodu je zakázané. Vstupné svorky prístrojových transformátorov prúdu sa označujú K , L a výstupné k , l .

PTP sú charakterizované nasledovnými vlastnosťami:

- *menovitým vstupným prúdom* I_{1N} ,
- *hraničným prevádzkovým prúdom* $I_{Nk} = 1, 2 \cdot I_N$,
- *menovitým výstupným prúdom* I_{2N} ,
- *triedou presnosti* - pre meranie sa používajú triedy presnosti 0,1 až 5, pre istenie 5P alebo 10P,
- *menovitou frekvenciou* f_N ,
- *menovitým dynamickým prúdom* I_{DYN} ,
- *menovitým tepelným prúdom* I_t ,
- *menovitou záťažou* - pre každý výstup tak veľkou, aby chyba prevodu neprekročila 10 %.

Ďalšou doležitou charakteristickou veličinou PTP je jeho *nadprúdové číslo* n , čo je násobok menovitého primárneho prúdu, pri ktorom chyba v prúdovom prevode dosiahne hodnotu 10 %. Pre meracie PTP má byť nadprúdové číslo čo najnižšie ($n < 5$), pre istiace PTP sa požaduje jeho vyššia hodnota ($n > 10$).

Podobne ako u prístrojových transformátorov napätia, aj v PTP vznikajú chyby merania. Chyba prúdu PTP

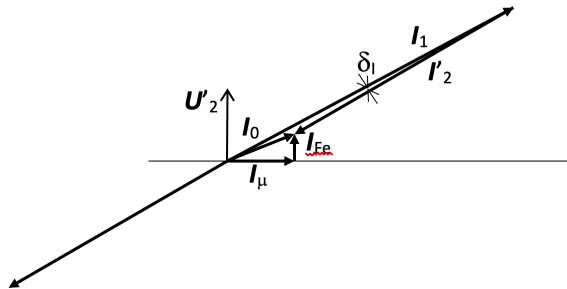
$$\epsilon_I = \frac{|p_I \cdot I_2 - I_1|}{I_1} \cdot 100 \quad (4.4)$$

spôsobuje rozdiel meraného oproti sledovanému prúdu. Chyba prúdu by mala byť pre meracie transformátory rovná nule do malých násobkov menovitého prúdu, naopak pre istiace transformátory by mala byť rovná nule pre veľké násobky menovitého prúdu. Chyba uhla PTP δ_I obdobne spôsobuje rozdiel medzi uhlom vstupného a výstupného prúdu PTP (obr. 4.11 na str. 65). Veľkosť obidvoch chýb závisí od:

- *veľkosti záťaže* - ovplyvňuje veľkosť magnetickej indukcie v jadre PTP,
- *frekvencie* - magnetická indukcia je nepriamo úmerná frekvencii,
- *rozptyľového pola* - spôsobené nesymetrickým usporiadaním vinutí PTP,
- *neharmonického priebehu prúdu* - kvôli nelineárnym vlastnostiam feromagnetického materiálu, rozptyľových kapacít vinutí a frekvenčnej závislosti permeability materiálu jadra; pre minimalizovanie vplyvu je vhodné, aby mal PTP čo najväčšiu indukčnosť a tým malý magnetizačný prúd,
- *nasýtenia (saturácie) jadra* - preto musí byť feromagnetický obvod z kvalitného magnetického materiálu,
- *zvyškového magnetizmu*.

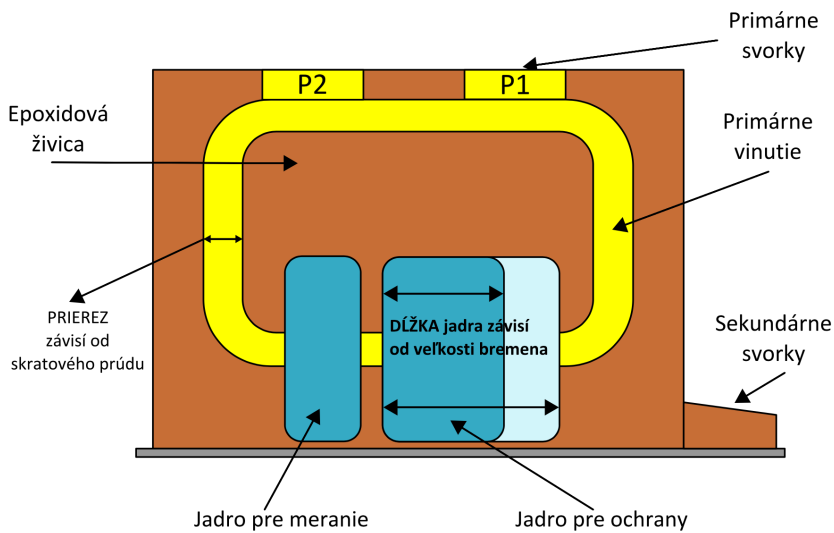
Prístrojové transformátory prúdu pre napäťovú hladinu vn, ktoré sú určené pre vnútorné použitie, sa taktiež zalievajú do epoxidových živíc (obr. 4.12),

4.2. Prístrojové transformátory

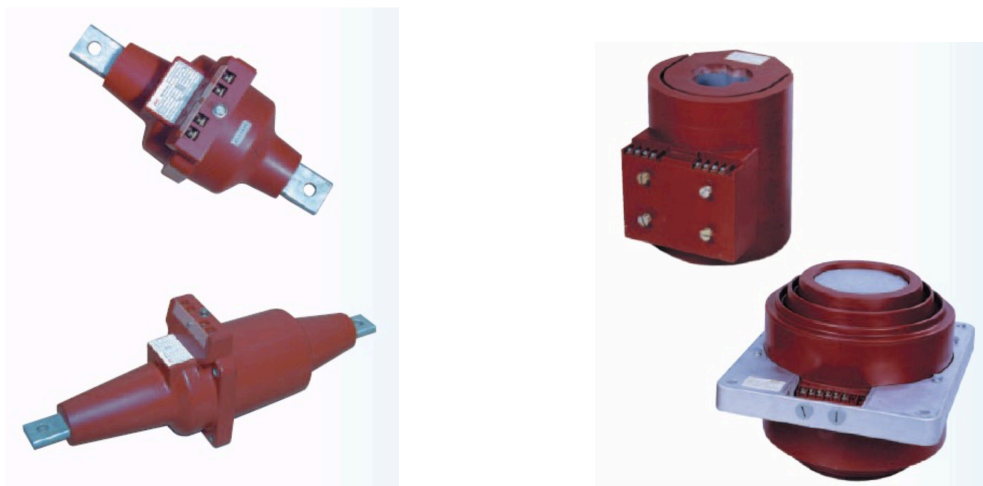


Obr. 4.11. Fázorový diagram PTP

vďaka čomu môžu byť inštalované v ľubovoľnej polohe. Konštrukčne môžu byť PTP vyhotovené ako podperné, priechodzie alebo priechodkové (tyčové či násuvné - obr. 4.13, prstencové). PTP pre vonkajšie použitie a PTP pre napäťovú hladinu vvn sú vyhotovené z porcelánu.



Obr. 4.12. Vnútročné usporiadanie PTP s dvojitým jadrom



Obr. 4.13. Ukážka tyčových PTP (vľavo) a násvných PTP (vpravo) pre vnútorné použitie [18]

4.2.3 Elektronické prístrojové transformátory - senzory

Klasické prístrojové transformátory sa vo veľkom počte využívali vo vn sieťach na transformovanie vysokých napätí a prúdov na hodnoty vhodné pre meranie a ochrany. Tieto transformátory boli dimenzované podľa požiadaviek meracích prístrojov a ochrán. Vstupom digitálnych technológií do merania a ochrán vn sietí sa zmenili požiadavky kladené na snímače. Oproti klasickým systémom sa výrazne zredukoval potrebný vstupný signál elektronických systémov. To umožnilo senzorum vstup do sféry snímačov pre vn siete. Sensory sú nástupcami prístrojových transformátorov. Sú menšie, ľahšie, majú lepšie vlastnosti a všestrannejšie použitie.

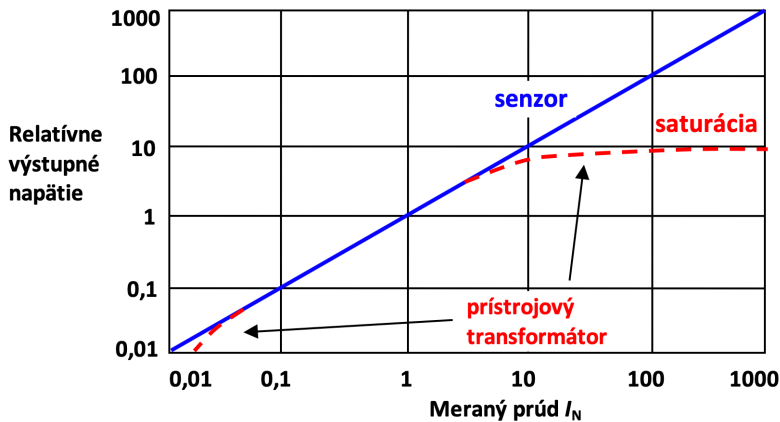
Medzi technické výhody senzorov patria:

- *veľké menovité rozpätie* – umožňuje s niekoľkými typmi senzorov pokryť celé pásmo prúdov a napätí pre systémy do 24 kV,
- *sú bez saturácie* – senzory nepoužívajú feromagnetické jadrá, čiže sú

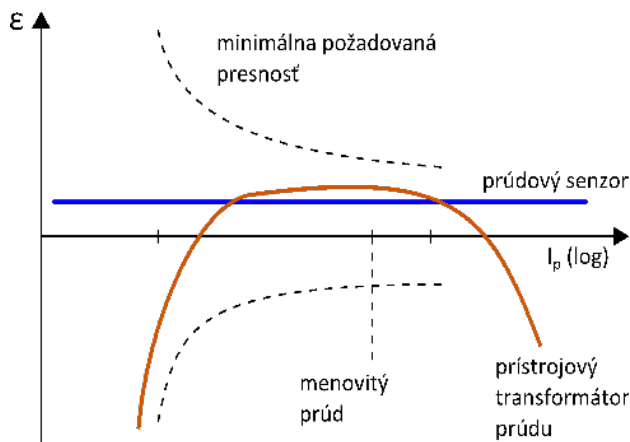
4.2. Prístrojové transformátory

odolné voči saturácii a sú lineárne v celom svojom rozsahu (obr. 4.14 a obr. 4.15),

- *vysoká presnosť* – senzory sú dimenzované na malý potrebný vstupný výkon digitálnych zariadení, namiesto typickej záťaže klasických prístrojových transformátorov, 15 VA a viac, je záťaž senzora iba cca 1 VA.



Obr. 4.14. Porovnanie linearity napätového senzora a PTN



Obr. 4.15. Porovnanie presnosti prúdového senzora a PTP

Medzi ekonomické výhody senzorov patria:

- *malá váha a rozmery* - oproti klasickým prístrojovým transformátorom sú oveľa menšie a vzhľadom na absenciu feromagnetického jadra sú aj výrazne ľahšie, čo znamená ušetrenie materiálu oveľa jednoduchšiu implementáciu do nových či už existujúcich rozvodných zariadení,
- *jednoduchosť nákupov* - vzhľadom na to, že malé množstvo typov senzorov dokáže pokryť celé spektrum prístrojov, je ich nákup a aj ich výskyt na sklade oveľa efektívnejší,
- *ekologickosť* - na ich výrobu sa spotrebuje výrazne menej nerastných surovín než u prístrojových transformátoroch.

Senzory sú charakterizované nasledovnými parametrami:

- menovitým napätím meraného zariadenia U_N ,
- napätím impulzu U_{MAX} ,
- menovitou frekvenciou f_N ,
- menovitou triedou presnosti,
- menovitou záťažou,
- rozsahom menovitých prúdov I_N ,
- menovitým krátkodobým prúdom $I_{Kt=3s}$,
- menovitým dynamickým prúdom I_{DYN} ,
- menovitým transformačným pomerom $K_{f=50}$ a $K_{f=60}$,

Napätňové senzory

Činnosť napätňových senzorov je založená na princípe odporového alebo kapacitného deliča napätia (obr. 4.16 na str. 69). Výstupné napätie u_{out} senzora

4.2. Prístrojové transformátory

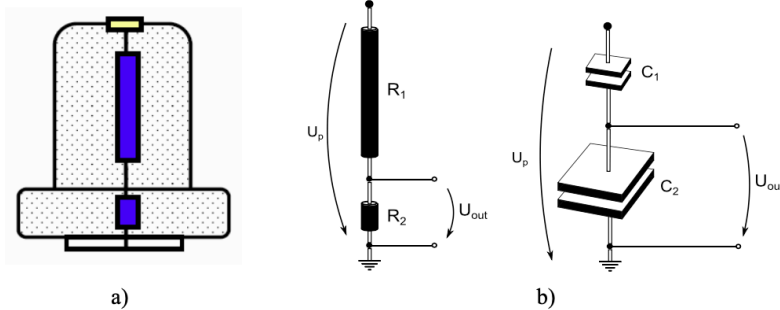
založenom na princípe odporového deliča je dané vzťahom

$$u_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot u_{\text{p}} \quad (4.5)$$

a pre senzor založenom na princípe kapacitného deliča je zas vzťahom

$$u_{\text{out}} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot u_{\text{p}}, \quad (4.6)$$

pričom do kapacity C_2 sa musí započítať aj kapacita výstupných vodičov samotného senzora.



Obr. 4.16. Vnútročné usporiadanie a) a princíp činnosti napätového senzora b)

Výstupný signál napätového senzora je priamo úmerný meranému napätiu v pomere 10 000 : 1 alebo 20 000 : 1. Ak je teda napr. merané napätie 22 kV, výstupné napätie senzora bude mať hodnotu 2,2 V, čo je hodnota vhodná pre priame spracovanie digitálnymi ochranami. Vzhľadom na linearitu senzora kopíruje výstupné napätie aktuálny časový priebeh tvaru a vlny primárneho napätie, čo je dôležité pre správnu činnosť ochrán. Ukážky reálnych napätových senzorov pre sieť 22 kV sú uvedené na obr. 4.17 na str. 70 [19].

Prúdové senzory

Činnosť napätových senzorov je založená na princípe Rogowského cievky (obr. 4.18). Vďaka toroidnej cievke bez železného jadra je eliminovaný vplyv

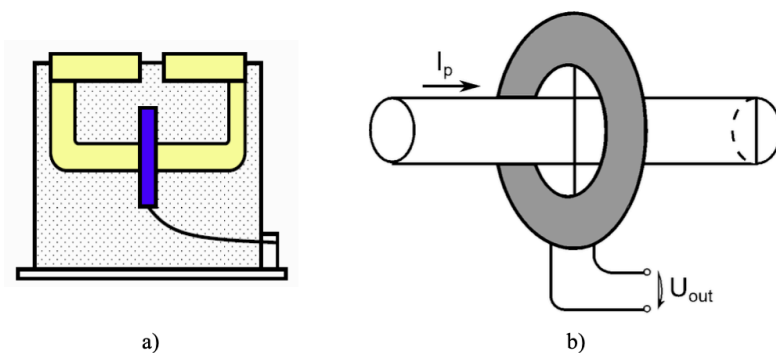


Obr. 4.17. Napetové senzory: a) pre vnútorné inštalácie, b) pre vonkajšie inštalácie

saturácie. Výstupom zo senzora je však napätie dané vzťahom

$$u_{\text{out}} = M \cdot \frac{di_p}{dt}, \quad (4.7)$$

ktorého hodnota sa pohybuje v rozpätí $150 \div 500$ mV. Toto výstupné napätie je potrebné digitálne integrovať (sčítavať v čase), aby sme dostali napätie odpovedajúce hodnote meraného prúdu.



Obr. 4.18. Vnútorné usporiadanie a) a princíp činnosti prúdového senzora b)

Prúdové senzory majú chybu amplitúdy, ktorá je však prakticky konštantná a nezáleží na veľkosti meraného prúdu. Navyiac môže byť opravená použitím opravného faktora, ktorý je pre každý senzor špecifický a zadáva sa priamo do

4.2. Prístrojové transformátory

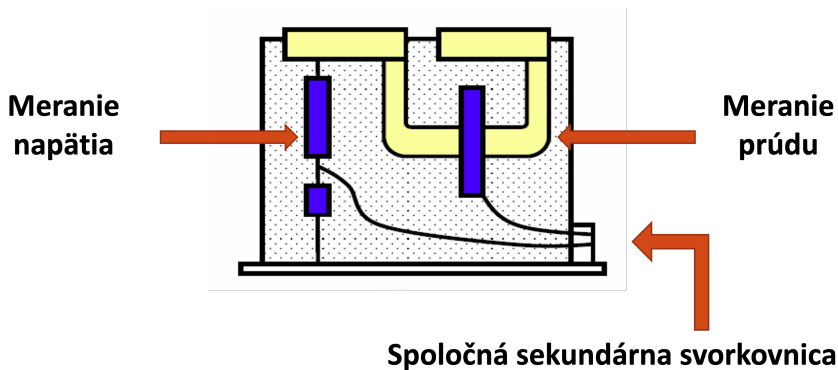
nastavenia digitálnych ochrán. Ak je pre spojenie senzora a ochrany použitý dlhší kábel, je nutné počítať s úbytkom napätia ním spôsobeným a zohľadniť ho pri nastavovaní ochrán. Ukážky reálnych prúdových sensorov pre siete 22 kV sú uvedené na obr. 4.19 [19].



Obr. 4.19. Ukážka prevedenia prúdových sensorov

Kombinované senzory

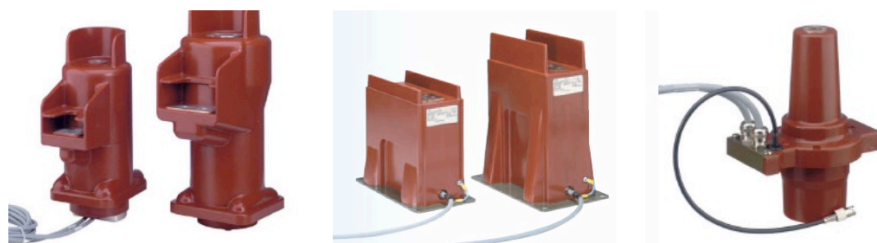
Kombinované senzory v sebe spájajú funkcionality napäťových a prúdových sensorov (obr. 4.20), čím dochádza ku redukcii počtu potrebných meracích prístrojov. Používajú sa hlavne tam, kde nie je dostatok miesta pre inštaláciu samostatných napäťových a prúdových sensorov.



Obr. 4.20. Vnútročné usporiadanie kombinovaného senzora

Ukážky reálnych kombinovaných sensorov pre siete 22 kV sú uvedené

na obr. 4.21 [19].



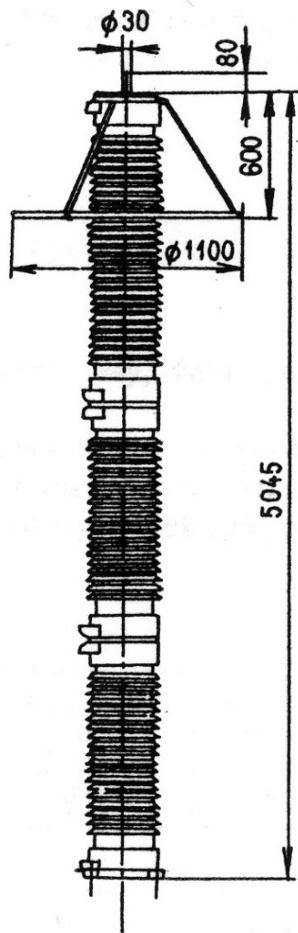
Obr. 4.21. Ukážka prevedenia kombinovaných senzorov

4.3 Zvodiče prepätia a bleskoistky

Zvodiče prepätia obmedzujú prepätia na hodnoty bezpečné pre chránené zariadenie. V rozvodných zariadeniach sa používajú nasledovný druhy zvodičov prepätia a to [5]:

- *ochranné iskrištia* - spôsobia pri prepätiach prechodné uzemňovacie spojenie a predstavujú len hrubú prepäťovú ochranu,
- *vyfukovacie bleskoistky* (Torokove trubice) - pri prepätí je výbojový prúd rýchlo unášaný unikajúcimi plynmi, ktoré vznikajú sublimáciou materiálu trubice,
- *ventilové bleskoistky* - skladajú sa z radu iskrišť a napäťovo závislých odporov zapojených v sérii s iskrištami (obr. 4.22 na str. 73),
- *varistory* - ich základom je polovodič, ktorému s rastúcim napätím klesá odpor.

4.3. Zvodiče prepätia a bleskoistky



Obr. 4.22. Ventilová bleskoistka 400 kV [5]

Kapitola 5

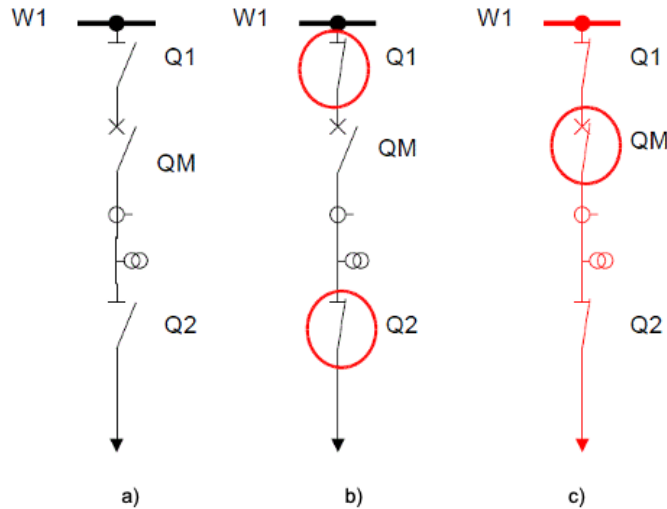
Manipulácie v rozvodniach

Pri zmenách konfigurácie v elektrickej stanici, či už z prevádzkových alebo poruchových dôvodov, je možné vykonávať rôzne manipulácie na prípojniciach, ako napríklad prepojenie napájania z jednej prípojnice na inú, napájanie z pomocnej prípojnice a podobne. Manipulácia je teda sekvencia úkonov, ktorých výsledkom je zmena aktuálnej konfigurácie na inú. Pri každej manipulácii je však potrebné dodržať vypínacie schopnosti využitých spínacích zariadení, ako napríklad nespínať odpájač pod záťažou a podobne. Základné princípy manipulácií si ukážeme na nasledovných príkladoch [5], [6].

5.1 Pripojenie odbočky na prípojnicu

Pripojenie odbočky na prípojnicu je jednoduché a jediné, čo je potrebné zabezpečiť, je, že prípojnicový aj vývodový odpájač so spínané bez zaťaženia [5].

Pri pripojení jednoduchkej vývodovej odbočky na prípojnicu (obr. 5.1a), je teda potrebné najskôr zopnúť prípojnicový a vývodový odpájač Q1, Q2 (obr. 5.1b). Tým, že je odbočka stále rozopnutá vypínačom, odpájačmi pri zopnutí nebude tiecť žiaden prúd. Následne je možné už zopnúť aj vypínač



Obr. 5.1. Pripojenie vývodu na prípojnicu [5]

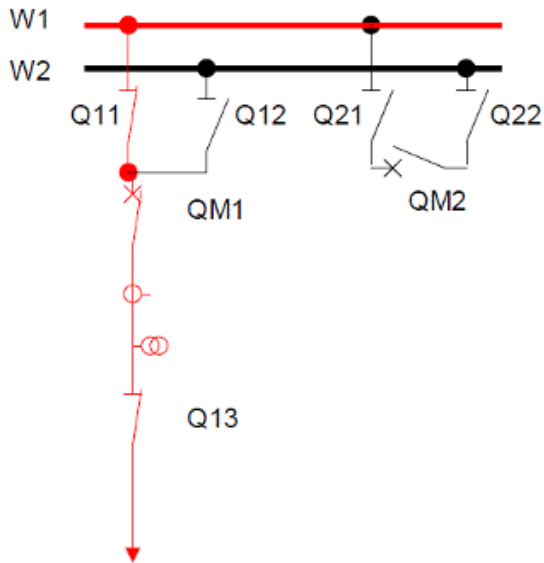
v odbočke QM (obr. 5.1c). V tej chvíli začne tiecť výkon z prípojnice W1 do vývodu, ako je zvýraznené červenou farbou na schéme na obr. 5.1c [5].

5.2 Premanipulovanie napájania odbočiek z jednej hlavnej prípojnice na druhú

Ako bolo spomenuté v kapitole 3, výhodou dvojitého systému prípojnic je možnosť zmeny napájania odbočky z jednej hlavnej prípojnice na druhú bez prerušenia dodávky elektriny. Na to je však potrebné, aby bola rozvodňa vybavená priečnym spínačom prípojnic. Ilustračná schéma rozvodného zariadenia s dvojitým systémom prípojnic, vývodovou odbočkou a priečnym spínačom je znázornená na obr. 5.2. Červenou farbou je na obr. 5.2 naznačené, že vývodová odbočka je napájaná z prípojnice W1.

V nasledujúcich krokoch si ukážeme postup premanipulácie napájania tejto odbočky na prípojnicu W2 bez prerušenia napájania [5].

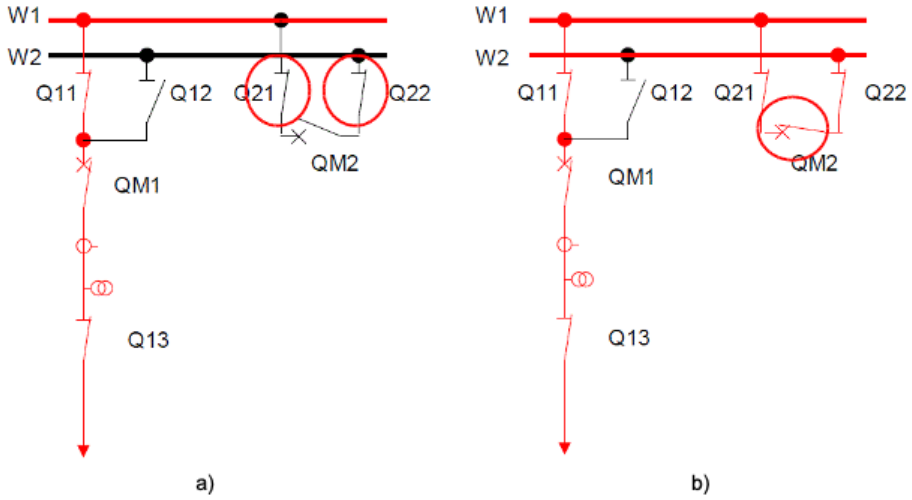
5.2. Premanipulovanie napájania odbočiek z jednej hlavnej prípojnice na druhú



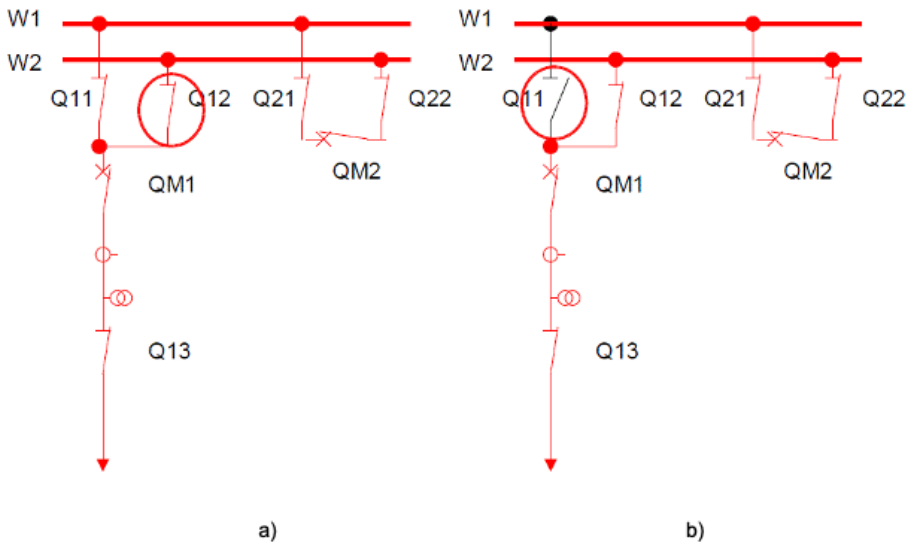
Obr. 5.2. Ilustračná schéma rozvodného zariadenia s dvojitým systémom prípojnic [5]

V prvom kroku je potrebné vzájomne prepojiť hlavné prípojnice, aby sme na nich vytvorili rovnaký potenciál. Na to sa použije práve priečný spínač prípojnic. Pri spínaní priečného spínača prípojnic je potrebné opäť dodržať postup, ktorý predíde spínaniu odpájačov pod záťažou, čo znamená, že odpájače Q21 a Q22 budú zopnuté ako prvé (obr. 5.3a na str. 78) a až následne sa prípojnice prepoja pomocou zopnutia vypínača QM2. V tej chvíli je na prípojnici W1 a W2 rovnaký potenciál (obr. 5.3b) [5].

Po prepojení oboch prípojnic na rovnaký potenciál, je možné v ďalšom kroku zopnúť prípojnicový odpájač Q12 (obr. 5.4a) a keďže je rovnaký potenciál z prípojnice W2 privedený cez Q12 aj na uzol Q11, je možné prípojnicový odpájač Q11 rozopnúť (obr. 5.4b). Tým pádom je už odbočka napájaná z prípojnice W2 a táto manipulácia mohla byť vykonaná bez prerušenia dodávky elektrickej energie vývodu [1].

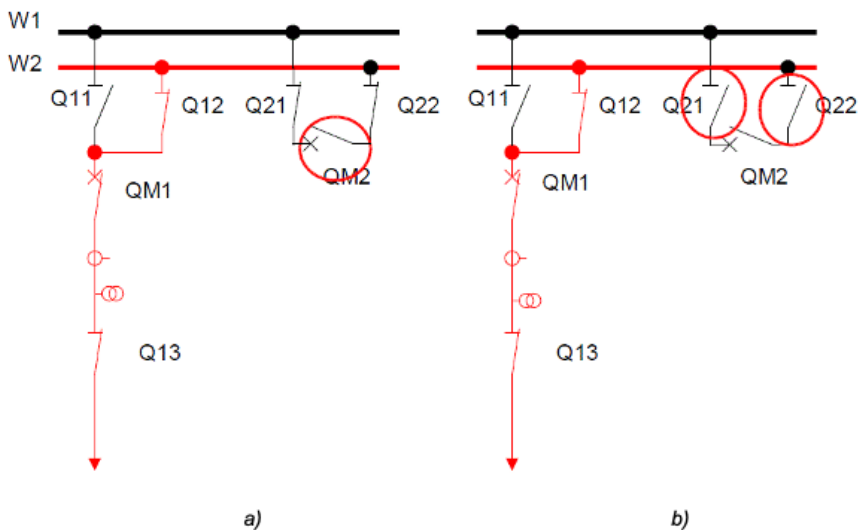


Obr. 5.3. Prepojenie hlavných prípojnic priečnym spínačom prípojnic [5]



Obr. 5.4. Prepojenie napájania odbočky z hlavnej prípojnice W1 na prípojnicu W2 [5]

5.3. Manipulácia napájania vývodu z pomocnej prípojnice

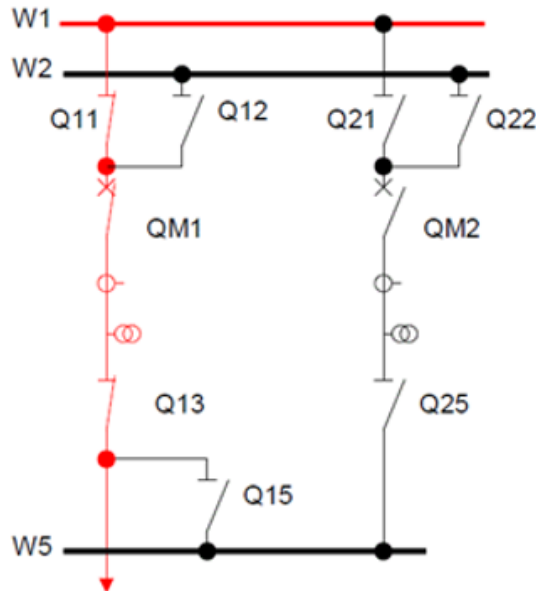


Obr. 5.5. Rozpojenie priečného spínača prípojnic [5]

Po premanipulovaní odbočky z prípojnice W1 na prípojnicu W2 je ešte potrebné uviesť priečny spínač prípojnic do východzej polohy, čiže ho rozpojiť. Postupnosť pri rozpájaní priečného spínača prípojnic je opačná ako pri jeho spínaní. Najskôr je teda potrebné rozopnúť vypínač QM2 (obr. 5.5a) a až následne je možné rozpojiť odpájače Q21 a Q22 (obr. 5.5b). Tým je manipulácia ukončená, a ako je znázornené červenou farbou na Obr. 4.5b, odbočka je už napájaná z prípojnice W2 [5].

5.3 Manipulácia napájania vývodu z pomocnej prípojnice

Pomocná prípojnica v rozvodnom zariadení slúži na nepretržité napájanie odbočky aj v prípade revízie vypínača v odbočke. Predpokladom takejto prevádzky je však, okrem existencie samotnej pomocnej prípojnice, aj prítomnosť



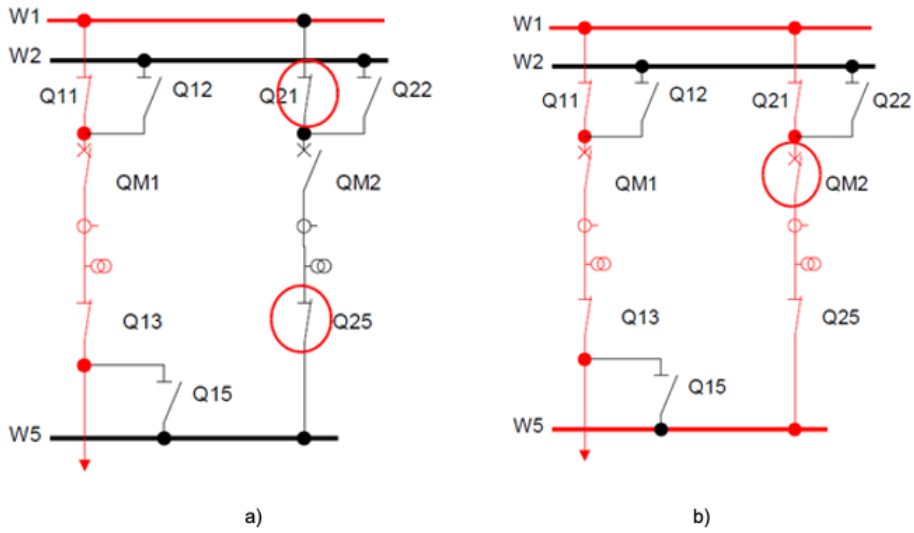
Obr. 5.6. Rozvodné zariadenie s pomocnou prípojnicou a spínačom pomocnej prípojnice [5]

spínača pomocnej prípojnice, ako je to ilustrované na obr. 5.6. Na obrázku je červenou farbou zvýraznené, že vývodová odbočka je napájaná z hlavnej prípojnice W1 [5].

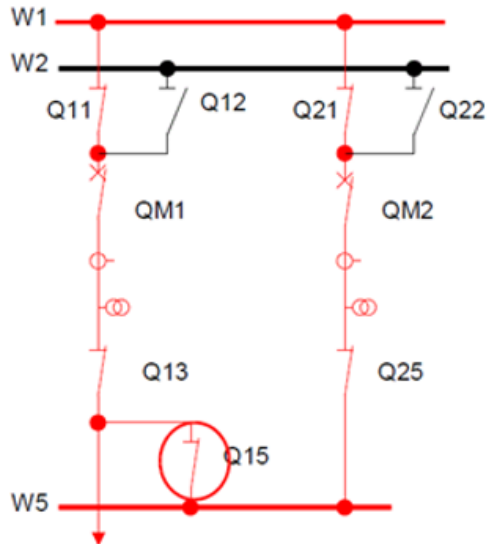
V prípade napájania odbočky z pomocnej prípojnice je v prvom rade potrebné privedenie výkonu na pomocnú prípojnicu. To dosiahneme prepojením hlavnej prípojnice W1 s pomocnou prípojnicou W5 pomocou spínača pomocnej prípojnice. Na toto prepojenie je najskôr potrebné zopnutie prípojnicových odpájačov Q21 a Q25 (obr. 5.7a) a až následne je možné zopnúť vypínač QM2 (obr. 5.7b). Po zopnutí týchto spínacích prvkov je na prípojnici W5 rovnaký potenciál ako na prípojnici W1 [5].

Po vyrovnaní potenciálov na W1 a W5 je možné zopnúť odpájač Q15 bez zaťaženia, čím sa pripojí vývodová odbočka na pomocnú prípojnicu (obr. 5.8).

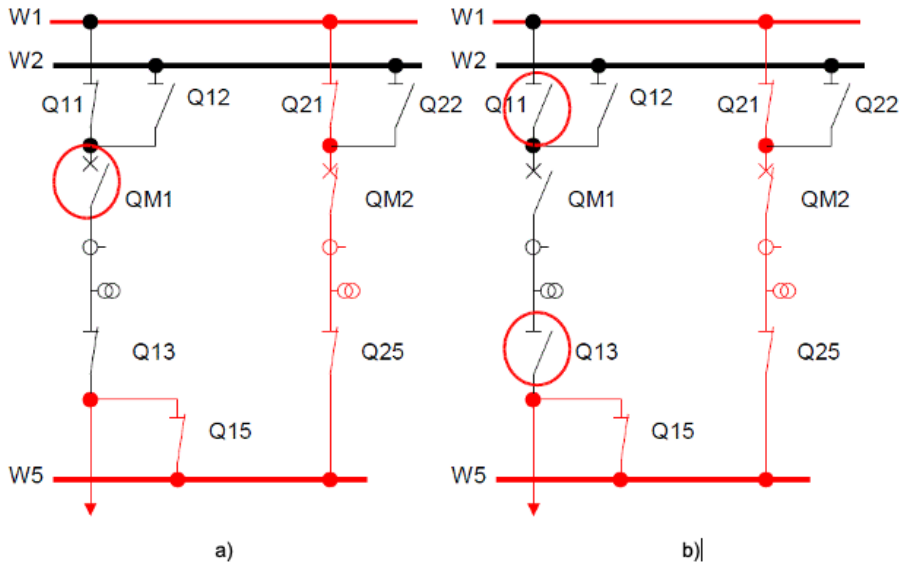
5.3. Manipulácia napájania vývodu z pomocnej prípojnice



Obr. 5.7. Zopnutie spínača pomocnej prípojnice [5]



Obr. 5.8. Prepojenie vývodovej odbočky s pomocnou prípojnícou [5]



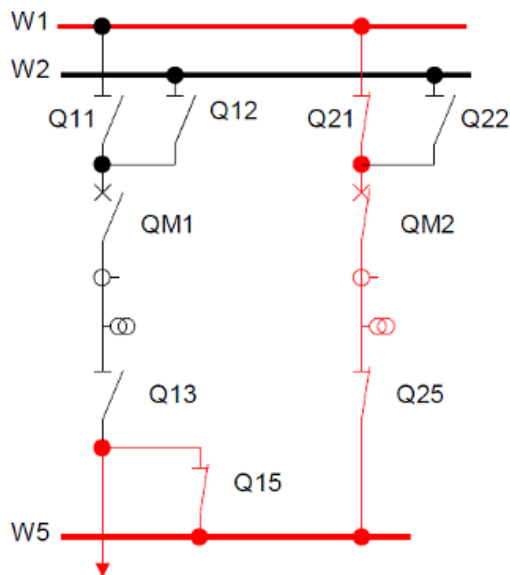
Obr. 5.9. Odpojenie odbočky od hlavnej prípojnice W1 [5]

Aby bolo možné vykonávať revíziu na vypínači QM1 v odbočke, je v ďalších krokoch potrebné odpojiť napájanie odbočky z hlavnej prípojnice W1. Najskôr sa teda rozpojí vypínač odbočky Q1 (obr. 5.9a) a v ďalšom kroku je možné aj vizuálne rozpojenie napájania z prípojnice W1 a to rozopnutím odpájačov Q11 a Q13 (obr. 5.9b) [5].

Po odpojení odbočky od hlavnej prípojnice W1 je už odbočka napájaná len z pomocnej prípojnice W5 (obr. 5.10). Táto prípojnica môže pomocou spínača pomocnej prípojnice naraz napájať len jednu odbočku, avšak môže to byť ktorákoľvek odbočka rozvodného zariadenia. Z toho dôvodu sa spínač pomocnej prípojnice a teda jeho zariadenia dimenzujú podľa najsilnejšie odbočky v rozvodnom zariadení [5].

Keďže je vypínač rozpojený a aj akékoľvek napájanie z hlavnej prípojnice W1, je možné v danej odbočke vykonať revíziu na vypínači QM1. Avšak pred začatím prác na vypínači je ho vždy potrebné najskôr uzemniť a skratovať [5].

5.4. Blokovacie podmienky



Obr. 5.10. Napájanie vývodovej odbočky z pomocnej prípojnice [5]

5.4 Blokovacie podmienky

Aby sa predišlo nežiadúcim manipuláciám v rámci rozvodného zariadenia, sú pre jednotlivé manipulácie v konkrétnych odbočkách stanovené tzv. *blokovacie podmienky*. Úlohou blokovacích podmienok je zabezpečiť, aby nemohlo dôjsť k manipulácii, ktorá by mohla spôsobiť poruchu. Príkladom je zamedzenie spínania prúdu odpájačom [5].

V prípade, že je povel na zariadenie (napr. zapnutie odpájača) v rozpore s blokovacími podmienkami, je signál obsluhy blokovaný. Blokovanie sa dá obísť len miestnym ovládaním (ovládaním z ovládacej skrine zariadenia). Vo všeobecnosti sa pre blokovanie používajú nasledovné spôsoby [5], [6]:

- mechanické blokovanie,
- elektromagnetické,

- pneumaticko-mechanické (v súčasnosti sa už nepoužíva),
- elektrické.

Forma zápisu blokovacích podmienok nie je štandardizovaná a môže sa líšiť naprieč prevádzkovateľmi elektrických staníc. Z toho dôvodu uvedieme len základné princípy pre blokovacie podmienky pre jednotlivé zariadenia v elektrických staniaciach. V prípade kombinácie viacerých podmienok pre jedno zariadenie sa tieto podmienky v zápise kombinujú pomocou logického súčtu (alebo - OR) alebo logického súčinu (a - AND) [5], [6].

Blokovacie podmienky pre odpájače v rozvodných zariadeniach [6]:

- prípojnicové ako aj vývodové odpájače musia byť blokované voči spínaniu pri zapnutom výkonovom vypínači v ich odbočke,
- prípojnicové odpájače sa blokujú striedavo – k zapnutému prípojnicovému odpájaču Q1 nie je možné zapnúť druhý prípojnicový odpájač Q2 v prípade, že nie je zopnutý priečny spínač prípojnic,
- vývodový odpájač je možné spínať iba pri rozopnutom uzemňovači, ktorým sa odpájač uzemňuje,
- s odpájačmi pri pozdĺžne delených prípojniciach je možné manipulovať len vtedy, ak sú prípojnice bez zaťaženia, alebo sú prepojené pozdĺžnym spínačom prípojnic,
- všetky odpájače pomocných prípojnic v hlavných odbočkách sú blokované tak, že na odbočku spínača pomocných prípojnic je možné pripojiť len jednu odbočku,
- odpájačom pomocnej prípojnice v hlavnej odbočke je možné manipulovať len pri zopnutí vypínača v spínači pomocnej prípojnice (viď. obr. 5.8),
- odpájač pomocnej prípojnice je blokovaný voči spínaniu v prípade zopnutého uzemňovača, ktorý ho uzemňuje.

5.4. Blokovacie podmienky

Blokovacie podmienky pre uzemňovače v rozvodných zariadeniach [6]:

- výkonový vypínač v odbočke nie je možné spínať, pokiaľ ostane niektorí z odpájačov v medzipolohe (neukončí sa spínací proces),
- vypnutie vypínača v priečnom spínači prípojnic je blokované pri súčasnom zapnutí prípojnicových odpájačov Q1 a Q2 v hlavnej odbočke,
- výkonový vypínač je možné spínať iba pri rozopnutom uzemňovači, ktorým sa vypínač uzemňuje.

Blokovacie podmienky pre uzemňovače v rozvodných zariadeniach [6]:

- uzemňovače je možné zapnúť iba pri rozopnutom stave spínacích zariadení, ktoré uzemňujú.

Kapitola 6

Informačný systém

Pre pochopenie funkcie a činnosti informačných systémov je dôležité vysvetliť rozdiel medzi pojmi dáta, informácia a informačný systém.

Dáta sú vhodným spôsobom vyjadrené správy, ktoré vypovedajú o svete a sú zrozumiteľné pre príjemcu, ktorým môže byť človek alebo technický prostriedok. Dáta majú svoju hodnotu, ktorá je daná vynaloženými nákladmi na ich obstaranie, uchovávanie a údržbu, a majú tiež svoju úžitkovú hodnotu, ktorá je daná ich informačným obsahom. Dáta sú vo svojej podstate abstraktný pojem, no pre ich zber, prenos, spracovanie či distribúciu sú nutné fyzické prostriedky [20].

Informáciou rozumieme dáta, ktorým používateľ pripisuje určitý význam a ktoré uspokojujú konkrétne informačné potreby svojho príjemcu. Za informáciu možno považovať niečo, čo je pre príjemcu informácie nové a odstraňuje jeho nevedomosť. To znamená, že nie každé dáta sa musia automaticky stať informáciou. Informácia totiž vzniká účelným zoskupením dát, ktoré svojím poradím, logikou a určenými vzťahmi tvorí základ pre účely rozhodovania, riadenia, plánovania a pod. [20].

Informácie vzniknuté z dát je možné posudzovať [20]:

- *kvantitatívne* (matematicky) ako veličinu, ktorá číselne vyjadruje množstvo informácie získanej v danej správe,
- *kvalitatívne* (významovo) ako oznam, správu, zákaz a pod.,
- *hodnotovo* (pragmaticky) z hľadiska významu informácie, pretože hodnota informácie sa v súvislosti s jej využitím v čase mení.

Keďže informácie nemusia byť pre prijímateľa rovnako dôležité, je účelné ich klasifikovať pri ich využívaní na základe ich dôležitosti, pôvodu, významu, miery stálosti, stupňa utajenia a pod.

V odbornej literatúre existuje viacero definícií pre **informačný systém** (IS). Ich spojením je možné zdefinovať informačný systém ako súbor ľudí, technických prostriedkov a metód zabezpečujúcich zber, prenos, spracovanie a uchovanie dát pre prezentáciu informácií používateľovi a ich využitie pre vykonávanie potrebných riadiacich a výkonných činností.

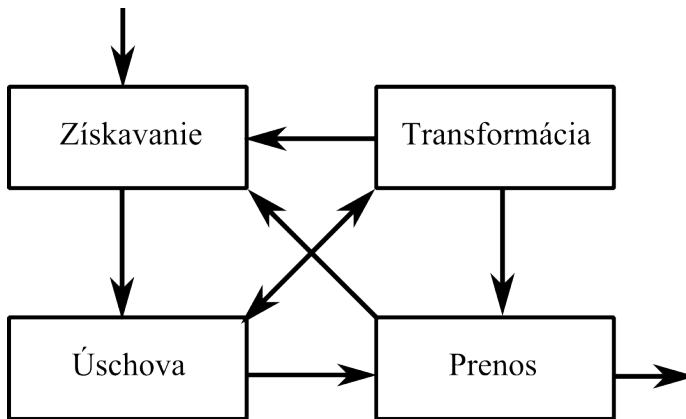
Aby mohol informačný systém pracovať efektívne, musí sa počas jeho vývoja a implementácie zabezpečiť súčinnosť všetkých prvkov, z ktorých sa IS skladá [20]:

- *technické prostriedky* (HW) – sú to počítačové systémy rôzneho druhu a veľkosti doplnené o potrebné periférne jednotky, ktoré sú v prípade potreby prepojené prostredníctvom počítačovej siete navzájom a taktiež so subsystémami pre prácu s veľkými objemami dát,
- *programové prostriedky* (SW) – sú tvorené programami, ktoré zabezpečujú chod počítačov, efektívnu prácu s dátami, riešenie aplikačných úloh a komunikáciu počítačového systému s reálnym svetom,
- *organizačné prostriedky* – sú tvorené súborom nariadení a pravidiel definujúcich prevádzkovanie a využívanie IS a IKT,
- *ľudská zložka* – rieši otázky adaptácie a účinného fungovania človeka v prostredí IS,

6.1. Informačný systém a automatizované riadenie

- *reálny svet* – predstavujú informačné zdroje, platnú legislatívu atď.

Spoločným cieľom informačného systému je získavanie, spracovanie a odovzdanie potrebných informácií na miesto ich využitia vo vhodnom čase, v potrebnom rozsahu a v požadovanej forme (obr. 6.1) [20].



Obr. 6.1. Operácie s dátami v rámci informačného systému

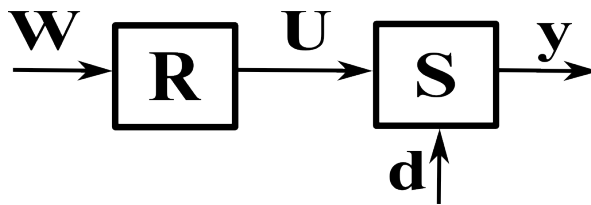
Základnými podmienkami pre získavanie informácií sú vysoká úroveň kontroly vstupných dát a ich včasnosť, konzistentnosť a bezpečnosť. Získané dáta musia byť uložené tak, aby bolo možné ich rýchle prehľadávanie na základe vstupných požiadaviek. Prenos uložených dát sa vykonáva buď z miesta ich vzniku na miesto ich spracovania, alebo z miesta spracovania na miesto ich využitia, kde sú spracovávané prostredníctvom na to určených programov [20].

6.1 Informačný systém a automatizované riadenie

Ak sa informácie využívajú pri riadení objektov alebo procesov, potom podstatou informačného systému je zabezpečiť nevyhnutné vstupné informácie pre riadenie na základe definovaných požadovaných výstupných požiadaviek [20].

Úlohou **automatizovaného riadenia** je nájsť určitú kombináciu alebo časovú postupnosť zásahov do riadeného systému s cieľom dosiahnuť určitý cieľ. **Riadenie** je spoločný názov pre ovládanie a reguláciu [21]. Môže sa uskutočňovať spojitou pomocou analógovej techniky, alebo diskkrétne pomocou číslicovej techniky [22]. Riadenie môže byť realizované ako otvorené alebo uzavreté.

Ovládanie predstavuje otvorené riadenie, pri ktorom sa využíva len vopred daná informácia o riadenom objekte a nekontroluje sa jeho skutočný stav. Dá sa použiť iba tam, kde vnútorný stav riadeného systému a vplyv okolia sú konštantné, alebo sa menia podľa vopred daného priebehu. Blokovaná schéma ovládania je na obr. 6.2.



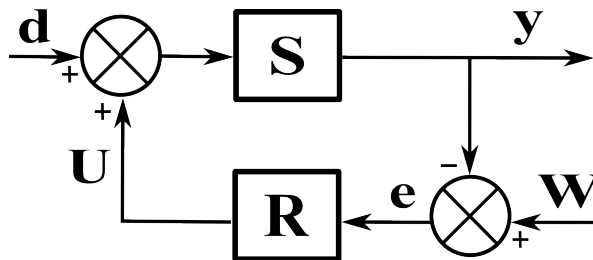
Obr. 6.2. Blokovaná schéma ovládania

Riadiaci systém (R) na základe riadiacej veličiny (W) definuje akčnú veličinu (U), ktorá následne ovplyvňuje riadený systém (S). Na ten zároveň pôsobia náhodné vonkajšie vplyvy – poruchy (d). Pokiaľ je vplyv porúch malý, potom sa bude výstupná veličina (y) meniť v súlade s riadiacou veličinou W.

Príkladom ovládania je zapínanie a vypínanie spínacích prvkov (vypínačov a odpájačov). Pri aktivácii spínacieho procesu sa neskúma vnútorný stav spínacieho prvku (tlak zhášacieho média, počet spínacích cyklov, teplota spínacieho prvku, vzdialenosť kontaktov, ...). Využíva sa len známa informácia o tom, či je daný spínací prvok vypnutý alebo zapnutý. Zároveň sa predpokladá, že všetky podmienky potrebné pre úspešnú zmenu stavu spínacieho prvku (prítomnosť ovládacieho napätia, funkčnosť pohonu, vyhovujúce blokovacie podmienky) sú splnené.

6.1. Informačný systém a automatizované riadenie

Regulácia predstavuje uzavreté riadenie, pri ktorej sa udržiavajú určité fyzikálne veličiny na vopred stanovených hodnotách. V priebehu regulácie sa priebežne zisťuje skutočný stav riadeného systému a prostredníctvom spätnej väzby sa porovnáva so stavom predpísaným [22]. Bloková schéma regulácie je na obr. 6.3.



Obr. 6.3. Bloková schéma regulácie

Riadiaci systém dostáva informáciu o veľkosti regulačnej odchýlky e , ktorá reprezentuje rozdiel medzi žiadanou a skutočnou hodnotou výstupnej veličiny ($e = W - y$). Veľkosť regulačnej odchýlky určuje veľkosť akčnej veličiny, ktorou riadiaci systém ovplyvňuje riadený systém tak, aby odchýlku odstránil. Regulácia zaisťuje vyššiu kvalitu riadenia, pretože eliminuje nielen vplyv vonkajších porúch, ale aj prípadné zmeny vnútorného stavu riadeného systému.

Príkladom regulácie je zmena napätia v pilotnom uzle elektrizačnej sústavy. Na základe rozdielu medzi skutočnou a žiadanou hodnotou napätia aktivuje sekundárny regulátor napätia dostupné zdroje jalového výkonu. Veľkosť prírastku generovaného jalového výkonu zodpovedá zistenej regulačnej odchýlke. Prípadný náhly výpadok aktivovaného zdroja jalového výkonu eviduje regulátor ako zmenu regulačnej odchýlky, ktorú sa následne snaží svojou ďalšou činnosťou odstrániť (aktivácia iného zdroja resp. zvýšenie generovania jalového výkonu na už aktivovaných zdrojoch).

6.2 Úlohy informačných systémov v procese riadenia

Subjekty pôsobiace v oblasti elektroenergetiky využívajú pri svojej činnosti viacero typov informačných systémov. Napriek tomu, že niektoré z nich sú z pohľadu bežného používateľa IS veľmi špecifické, vo svojej podstate rešpektujú skladbu informačných systémov používaných bežným výrobným podnikom.

Jednotlivé informačné systémy podporujú rôzne úrovne riadenia podniku. Podľa toho je možné ich rozdeliť na informačné systémy pre [23]:

- *podnikovú* (manažérsku) úroveň riadenia,
- *prevádzkovú* úroveň riadenia,
- *procesnú* úroveň riadenia.

Na podnikovej úrovni sa nachádzajú informačné systémy, ktoré slúžia predovšetkým vrcholovému vedeniu a kľúčovým pracovníkom pre monitorovanie chodu podniku a informujú o dosiahnutých hospodárskych výsledkoch. Patria sem IS zamerané na skladové hospodárstvo, financie, personalistiku, správu majetku atď. Poskytujú informácie slúžiace na plánovanie stratégie podniku. Vyznačujú sa jednoduchosťou ovládania.

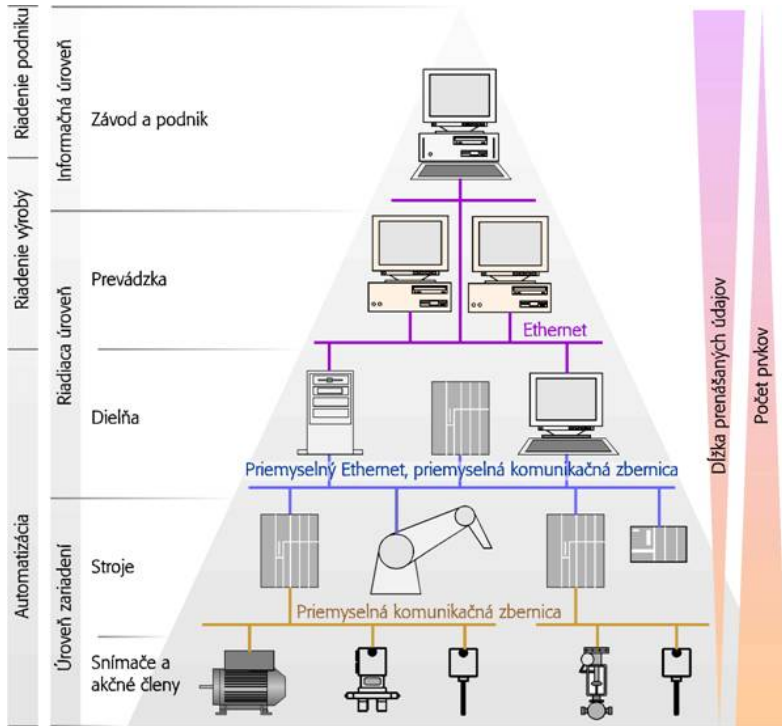
Na opačnej strane hierarchie riadenia sú informačné systémy podporujúce procesnú úroveň riadenia. Patria sem riadiace systémy a dispečerské SCADA systémy. Ich úlohou je zabezpečiť činnosti súvisiace s priamym riadením technológie v reálnom čase (regulácia, zber dát, vizualizácia procesov, atď.). Okrem svojej základnej funkcie sú taktiež zdrojom veľkého množstva údajov, ktoré sú potrebné pre správne fungovanie nadradených informačných systémov [23].

Informačné systémy podporujúce prevádzkovú úroveň riadenia tvoria akúsi „medzivrstvu“ medzi procesnou a podnikovou úrovňou. Slúžia na spracovanie technologických dát a tvorbu rôznych bilancií (energetických, výrobných, ...). Cieľom ich nasadenia je zabezpečiť včasné dodávanie dát pre riešenie rutinných problémov a zároveň poskytnúť vo vhodnej forme informácie pre podnikovú

6.2. Úlohy informačných systémov v procese riadenia

úroveň riadenia [20].

Prehľadová schéma štruktúry a vzájomného prepojenia jednotlivých vrstiev informačného systému podniku je zobrazená na obr. 6.4 [23].

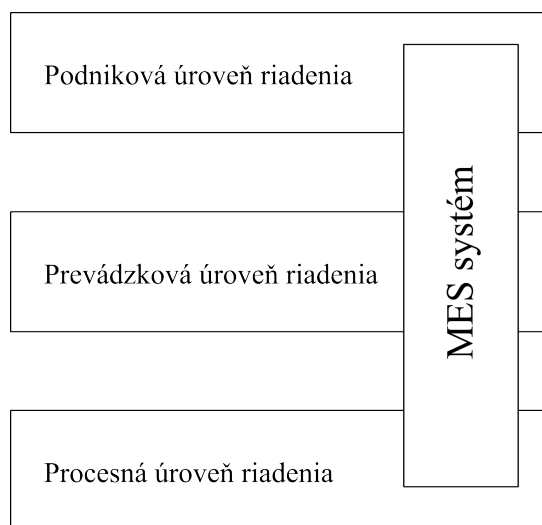


Obr. 6.4. Štruktúra a vzájomné prepojenie informačného systému

6.2.1 MES systémy

V praxi sa veľmi často stáva, že spolupráca informačných systémov podporujúcich rôzne stupne riadenia je problematická, neúplná, realizovaná cez ľudský medzičlánok (nespolahlivý a pomalý), alebo spolupráca systémov neexistuje vôbec. Pritom z pohľadu efektívneho riadenia je dôležité zabezpečiť komplexné informácie o riadenej technológii a tok informácií medzi všetkými vrstvami riadenia.

Informácie z procesnej úrovne je potrebné spracovať do formy a obsahu, ktorá je spracovateľná nadradenými informačnými systémami. Súčasne je potrebné zabezpečiť, aby sa z vyšších úrovní riadenia, smerom k procesnej úrovni, dostávali informácie riadiaceho charakteru. Riešenie prinášajú MES systémy (Manufacturing Execution Systems) , ktoré umožňujú prepojenie všetkých vrstiev riadenia (obr. 6.5).



Obr. 6.5. Pozícia MES systému v hierarchii riadenia

MES systém poskytuje komplexnejšiu informáciu získanú bilancovaním zozbieraných procesno-materiálových dát vzhľadom na definovaný časový úsek (hodina, pracovná zmena atď.), čím sa systém obohacuje o nový rozmer – manažérsky pohľad. Súčasťou bilancovania môžu byť aj nástroje na predikciu budúcich stavov prevádzky. Ďalšie oblasti kde MES systémy predstavujú veľký prínos je sledovanie napr. výrobnno-energetických súvislostí alebo operatívna údržba [23].

V rámci elektroenergetického podniku môže MES systém poskytovať informácie o dennom diagrame zaťaženia, aktivácií podporných služieb, zaťažení

6.3. Ukladanie a archivácia dát

vedení, veľkosti strát, aktivovaných výrobných zdrojoch, aktuálnej hodnote frekvencie, atď.

6.3 Ukladanie a archivácia dát

Pre správnu činnosť informačného systému a pre dosiahnutie jeho plnej funkcionality je nevyhnutné informácie v podobe dát, s ktorými informačný systém pracuje, ukladať na pamäťové médiá. Keďže sa väčšinou jedná o veľké množstvá dát, je potrebné tieto dáta ukladať na diskové polia, ktoré sú súčasťou rozsiahlych dátových serverov.

Značné množstvo funkcií informačného systému, hlavne na vyšších úrovniach riadenia, sa opiera o historickú analýzu dát, pomocou ktorej je možné určiť trend vývoja zmeny sledovanej veličiny, či odhadnúť správanie sa sledovaného systému v čase a tak lepšie nastaviť ciele a parametre riadenia. O tieto princípy sa opiera aj v súčasnosti tak často nasadzovaná umelá inteligencia.

Aby však bolo možné s uloženými dátami efektívne pracovať, je potrebné dáta uložiť do usporiadanej štruktúry, ktorá sa nazýva *databáza*. Databáza (resp. databázový systém) ma svoju:

- *hardvérovú časť* - fyzické zariadenia pre ukaldanie dát (dátové servre), ktoré si vyžadujú napájanie, veľmi často masívne chladenie a rýchle napojenie s dátovou sieťou,
- *softvérovú časť* - programové vybavenie umožňujúce samotnú prácu s dátami (informáciami) popísanú na obr. 6.1.

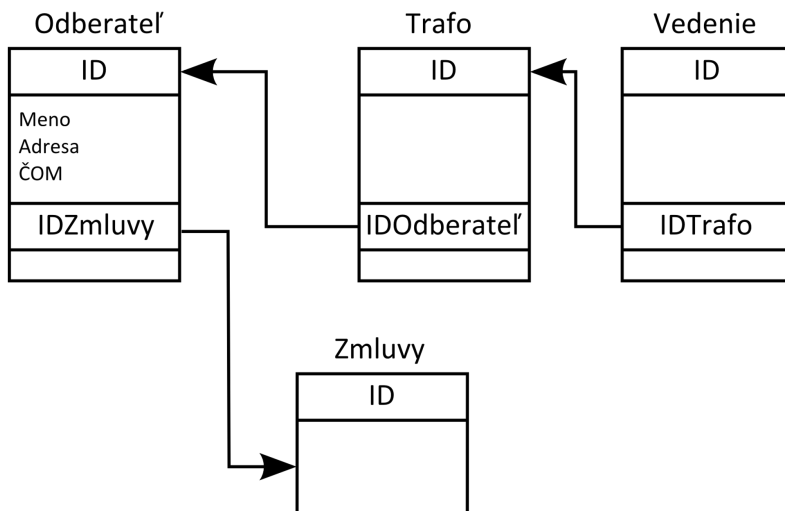
Základnou vlastnosťou databázy je jej schopnosť rýchlo vyhľadávať a filtrovať dáta podľa požiadaviek inforačného systému. K tomu slúžia tzv. *databázové jazyky* (query languages), ktoré umožňujú zadávať požiadavky na vyhľadávanie, filtrovanie a spracovanie dát štruktúrovanou formou v podobe kombinácie jednoduchých príkazov. Medzi najznámejšie (najviac používané) databázové

jazyky patria [24]:

- *SQL* (Structured Query Language) - je jedným z najznámejších a najdlhšie fungujúcich databázových jazykov, ktorý umožňuje extrahovať a spravovať údaje v relačných databázach,
- *XQuery* - umožňuje prácu s údajmi vo formáte XML, čo je spôsob zdieľania údajov na internete,
- *OOL* (Object Query Language) - je štandardný jazyk pre objektovo orientované databázy, ktoré reprezentujú dáta ako premenné, funkcie alebo dátové štruktúry,
- *SQL/XML* - je kombináciou jazykov SQL a XQuery, ktorá podporuje manipuláciu a ukladanie údajov XML v databáze, ktorá pracuje s SQL,
- *GraphQL* - GraphQL je jazyk s otvoreným zdrojovým kódom, ktorý pracuje s API, čo sú rozhrania, ktoré používateľom umožňujú efektívnu interakciu s údajmi (veľmi často používané webovými stránkami - napr. aj stránkou SEPS, a.s.) - extrahovanie údajov z viacerých rozhraní API, agregovanie údajov z rôznych zdrojov či efektívnu špecifikáciu potrebných údajov,
- *LINQ* (Language Integrated Query) - je jazyk, ktorý extrahuje a spracováva údaje z dokumentov XML, relačných databáz, objektových databáz a iných zdrojov tretích strán bez toho, aby bolo nutné použiť jednotlivé konkrétne databázové jazyky.

Ako vyplýva z vyššie uvedeného prehľadu databázových jazykov, použitie konkrétneho jazyka je podmienené použitým *dátovým modelom* príslušnej databázy a naopak. Jedným z najviac používaných dátových modelov je *entitno-relačný model*, ktorý sa skladá z tabuliek, ktoré sú navzájom poprepájané pomocou odkazov na tzv. *klúčové položky*. Príklad entitno-relačného modelu je uvedený na obr. 6.6 na str. 97.

6.3. Ukladanie a archivácia dát



Obr. 6.6. Ukážka princípu entitno-relačného modelu databázy

Informácie o odberateľoch sú uložené v samostatnej tabuľke *Odberateľ*, kde sú uložené údaje napr. o mene odberateľa, jeho adrese a čísle odberného miesta (ČOM), atď. Každému odberateľovi je pridelené jeho jedinečné identifikačné číslo (*ID*).

Odberatelia sú napájaní z distribučných transformátorov, ktorých údaje sú uložené v inej samostatnej tabuľke s označením *Trafo*. V tejto tabuľke sú uvedené napr. technické či servisné parametre jednotlivých transformátorov. Informácia o tom, ktorí odberatelia sú napájaní príslušným distribučným transformátorom sú pre každý evidovaný transformátor zapísané v jeho parametri *IDOdberateľ*, pričom tento parameter obsahuje len zoznam identifikačných čísiel *ID* z tabuľky *Odberateľ*. Hodnoty *ID* tak predstavujú **klúčovú položku** odkazujúcu na záznamy v tabuľke *Odberateľ* (obr. 6.6).

Rovnakým spôsobom je vytvorená **relácia** medzi tabuľkou *Vedenie*, kde sú uložené informácie o jednotlivých vedeniach a tabuľkou *Trafo*. Klúčovou položkou pre identifikáciu distribučných transformátorov pripojených ku príslušnému vedeniu je parameter *IDTrafo*, v ktorom sú zaznamenané identifikačné

čísla transformátorov z tabuľky *Trafo*.

Uvedené relácie v entitno-relačnom modeli umožňujú veľmi rýchlu identifikáciu a vyhľadanie požadovaných údajov. Ak napríklad informačný systém dostane požiadavku na identifikáciu a vypísanie odberateľov bez dodávky elektriny pri poruche vedenia, vie pomocou jazyka SQL zdefinovať príkaz, ktorý identifikuje záznam konkrétneho vedenia v tabuľke *Vedenie*, z parametra *IDTrafo* identifikuje pripojené distribučné transformátory a pre tieto transformátory v tabuľke *Trafo*, cez parameter *IDOdberateľ*, identifikuje v tabuľke *Odberateľ* príslušných odberateľov. Informačný systém tak dokáže operátorovi poskytnúť informáciu, ktorým zákazníkom treba volať a informovať ich o poruche, resp. im podať informáciu, že sú súčasťou riešenia poruchy, ak budú volať na zákaznícke centrum, že nemajú elektrinu.

Databázy môžu byť realizované ako:

- *Centralizované* - všetky dáta a obslužné programy pre prácu s dátami sa nachádzajú na hlavnom počítači. Prístup k databáze je cez terminál, ktorý zobrazuje výsledky operácií s dátami lokálne, no práca s dátami sa odohráva na vzdialenom počítači.
- *Distribúované* - databáza je fyzicky rozdelená do viacerých miest. V každom mieste sú k dispozícii obslužné programy. Ak dáta nie sú k dispozícii lokálne, sú do miesta využitia prenášané cez dátovú komunikačnú sieť.

Oba prístupy majú svoje výhody aj nevýhody. U centralizovanej databázy sú všetky dáta na jednom mieste a teda potrebné operácie s dátami sú vykonávané okamžite a rýchlejšie. Ak však dôjde k poškodeniu databázy, hrozí riziko, že všetky dáta budú stratené. Z tohto dôvodu by mali byť dáta zálohované, čo si však vyžaduje existenciu dvoch rovnako veľkých databázových systémov (zdvojené požiadavky na veľkosť dátových polí, napájania a chladenia, ...). Nevýhodou je, že ak výsledky operácií s dátami podporujú vzdialené lokálne riadenie, môže byť kvalita lokálneho riadenia poznačená (prípadne až

6.3. Ukladanie a archivácia dát

ohrozená) oneskorením prenosu cez dátovú sieť z miesta centrálnej databázy do miesta riadenia a späť.

U decentralizovanej databázy sú údaje priestorovo rozdelené. Medzi výhody patrí, že hardvérová realizácia čiastkových lokálnych databáz vyžaduje menšie nároky na veľkosť (dátovú kapacitu) zariadení a tie funkcie informačného systému, ktoré potrebujú len lokálne dáta, môžu byť vykonávané aj pri strate spojenia s ostatnými časťami databázy. Na druhej strane, pre niektoré funkcie informačného systému môžu byť požadované dáta, ktoré sú uložené v rôznych lokálnych databázach, čo znamená, že musia byť do miesta spracovania prenesené cez dátové siete. Pri príliš veľkom oneskorení prenosu tak vzniká riziko, že tieto funkcie nebude možné vykonať v požadovanom čase alebo vôbec.

Pre elektroenergetiku sa využívajú tzv. *rýchle databázy*, ktorých hardvérová realizácia a softvérové nástroje umožňujú kontinuálne ukladanie veľkého množstva dát a vyhľadávanie v rámci veľkého množstva údajov za veľmi krátky čas.

Kapitola 7

Získavanie dát

Získavanie aktuálnych informácií je jednou zo základných funkcií pre efektívny chod každého informačného systému. Voľba optimálneho získavania údajov z jednotlivých pracovísk a riadenej technológie, alebo ich zadávanie do informačného systému sú závislé od miestnych podmienok. Hlavným kritériom je jednoduchosť a vysoká rýchlosť. Získavanie údajov môže byť realizované buď ako ručné alebo automatické [20].

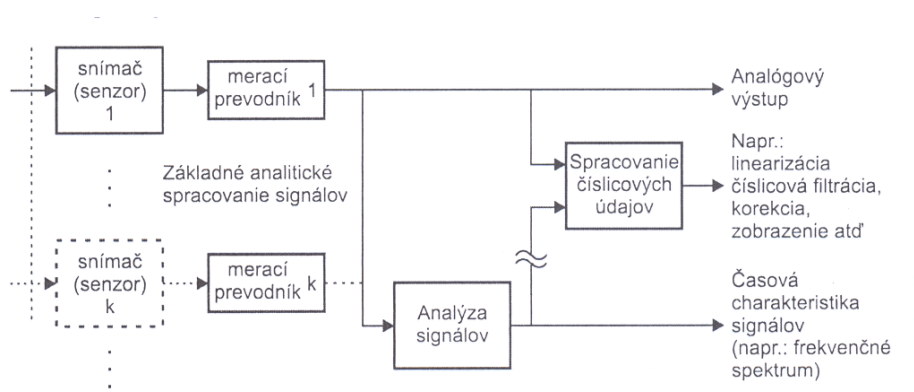
Ručné zadávanie údajov do informačného systému patrí stále k najčastejšie používaným spôsobom získavania údajov. Realizuje sa prostredníctvom terminálu, ktorého realizácia môže mať rôznu podobu. Od jednoduchého riadkového vstupu, cez plne grafické terminály využívajúce klasické počítače s rozličnými vstupno-výstupnými periférnymi jednotkami (klávesnica, monitor, tlačiareň, skener, čítačka čiarového kódu, ...), až po prenosné tablety s dotykovým displejom, ktoré sú k IS pripojené cez bezdrôtové rozhranie. Úlohou terminálu je sprostredkovať obsluhu možnosť zadávať požadované údaje do IS, ktorý ich následne ďalej spracováva.

Automatický zber údajov sa využíva v prípade potreby odstránenia chýb a omylov z procesu zberu dát a pri potrebe získavať údaje z riadenej technoló-

gie v reálnom čase. Väčšinou sa využíva u informačných systémov podporujúcich procesnú úroveň riadenia. Pri automatickom získavaní údajov sa využíva systém automatického merania, ktorý pre svoju činnosť využíva rôzne typy snímačov, sensorov a prevodníkov.

7.1 Merací systém

Merací systém predstavuje súhrn prvkov, ktoré zabezpečujú realizáciu úlohy merania (obr. 7.1). *Snímač* spolu s *meracím prevodníkom* vytvára analógový *merací člen*, ktorý je základnou jednotkou celého meracieho systému. Merací člen spolu s prírodnými vedeniami tvorí analógový merací kanál (merací reťazec), v rámci ktorého už môže dochádzať k úprave výstupného signálu (zosilnenie, posunutie, ...).



Obr. 7.1. Všeobecná štruktúra meracieho systému [25]

Pomocou *analýzy signálov* sa interpretuje najmä priebeh meraných signálov v určitých (ťažiskových) bodoch amplitúdového, časového a frekvenčného zobrazenia, vďaka čomu je možné získať dodatočné informácie, ktoré by nebolo možné získať pomocou základného spracovania signálov (napr. výpočet strednej hodnoty). Analýza údajov sa často realizuje externým výpočtovým

7.1. Merací systém

zariadením bez požiadavky na činnosť v reálnom čase [25]. V súčasnosti sa vo väčšine prípadov prevádza výstupný signál z analógového meracieho kanála do číslicovej (digitálnej) podoby, ktorá je vhodnejšia pre následný prenos a spracovanie.

Snímač tvorí vstupný prvok meracieho reťazca, ktorý nepretržite meria (sleduje) určenú fyzikálnu veličinu. V štruktúre meracieho reťazca má dominantné postavenie, lebo svojimi vlastnosťami zásadne ovplyvňuje parametre celého meracieho kanála. Jeho úlohou je transformovať meranú (sledovanú) fyzikálnu veličinu na prirodzený signál s nízkou energetickou úrovňou, ktorý vo väčšine prípadov nie je vhodný pre prenos informácií na miesto spracovania. Podľa prirodzeného signálu možno rozlišovať snímače na [25]:

- *pasívne snímače* - pre vytvorenie prirodzeného signálu vyžadujú zdroj pomocnej energie, a preto musia byť zapojené do pomocného vyhodnocovacieho obvodu, v ktorom zmenou svojich parametrov (spôsobenou zmenou meranej veličiny) ovplyvňujú informačný výstup tohto obvodu (napr. meranie teploty mostíkovou metódou),
- *aktívne snímače* - vplyvom meranej veličiny sa správajú ako nízkoenergetické zdroje, ktorých výstupné signály spravidla bývajú upravované elektronickým spracovaním do vhodnej formy (napr. termočlánky).

Prevažná väčšina meraných procesných veličín má neelektrický charakter, ale pri realizácii moderných riadiacich systémov sa jednoznačne uprednostňujú snímače s prirodzeným elektrickým signálom. To znamená, že zmena meranej fyzikálnej veličiny je reprezentovaná zmenou elektrického parametra snímača, ako napr. odpor, kapacita, napätie či indukčnosť. V prípade, že prirodzený signál je reprezentovaný mechanickou veličinou (napr. mechanický posuv), musí sa merací reťazec doplniť o prevodník prirodzeného signálu mechanického charakteru na elektrický signál (najčastejšie opäť nízkoenergetický) [25].

Snímače umiestnené v meracích bodoch (miestach) riadeného procesu sú

v priamom kontakte so sledovaným prostredím, no nemusia byť s ním v bezprostrednom kontakte. V prípade potreby musia byť chránené pred mechanickými, tepelnými, chemickými či inými účinkami prevádzkového prostredia. Najčastejšie sa tak deje prostredníctvom ochranných púzdiar, ktoré však majú vplyv na dynamické vlastnosti chránených snímačov. Snímač spolu s meracím prevodníkom tvorí často jeden konštrukčný a priestorový celok (merací člen), ktorý je umiestnený v štandardných moduloch, t.j. meracích armatúrach, hlaviciach a púzdrach [25].

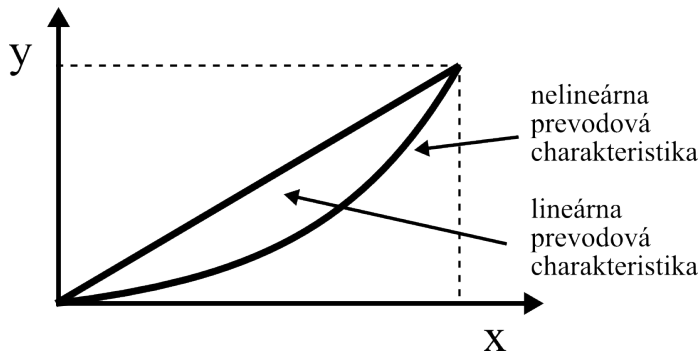
Merací prevodník (vysielač) je funkčný prvok, ktorý transformuje prirodzený signál zo snímača na požadovaný (dohodnutý) druh a rozsah fyzikálnej veličiny (elektrická, optická, ...), ktorá je vhodná na ďalší prenos informácie alebo na jej spracovanie. Výstupný signál meracieho prevodníka je zároveň výstupným signálom z meracieho člena.

Výstupné signály z meracích členov (y), reprezentujúce meranú fyzikálnu veličinu (x), možno podľa ich charakteru rozdeliť na [25]:

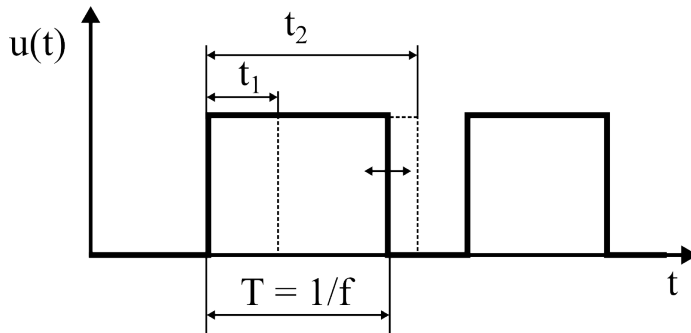
- *spojité* (obr. 7.2 na str. 105),
- *nespojité*
 - impulzné - šírko (obr. 7.3 na str. 105) alebo frekvenčne modulované,
 - logické (obr. 7.4 na str. 106),
 - binárne (obr. 7.5 na str. 106),
 - číslicové.

V súčasnej dobe existuje veľké množstvo výrobcov meracích členov, ktoré sa používajú v rámci rôznych funkčných celkov riadiacich systémov. Aby bolo možné navzájom prepájať meracie členy od rôznych výrobcov, bolo potrebné zaviesť *unifikáciu signálov*. Unifikácia priniesla aj ďalšie výhody v podobe zjednodušenia návrhu, prevádzky a údržby meracích členov. V súčasnosti sa najviac

7.1. Merací systém



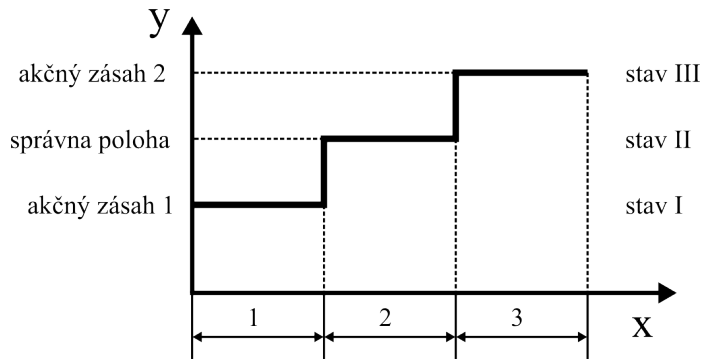
Obr. 7.2. Spojitý (analogový, intenzitný) výstupný signál



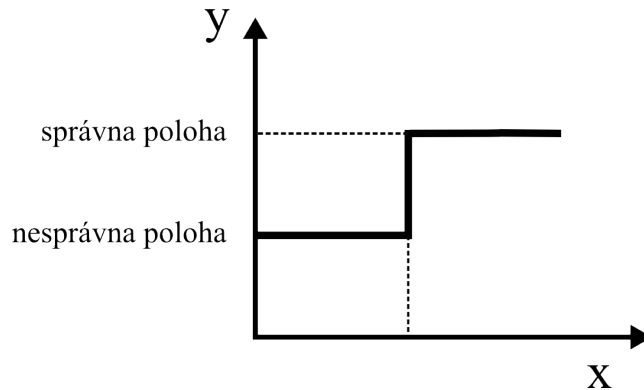
Obr. 7.3. Šírkovo modulovaný výstupný signál

používajú:

- *jednosmerné prúdové signály* (4 - 20 mA) pre svoju veľkú odolnosť voči rušeniu pri prenose signálu na veľké vzdialenosti,
- *jednosmerné napätňové signály* (0 až 10 V symetrický, -10 až 10 V symetrický) sa používajú hlavne v centrálnej časti riadiaceho systému vo veľine alebo v dozorni, v rámci konštrukcie prístroja alebo v nenáročnom prevádzkovom prostredí,
- *analogové pneumatické signály*, ktoré majú pre prenos analogovej informácie tlak v rozpätí 0 až 20 kPa.



Obr. 7.4. Logický výstupný signál

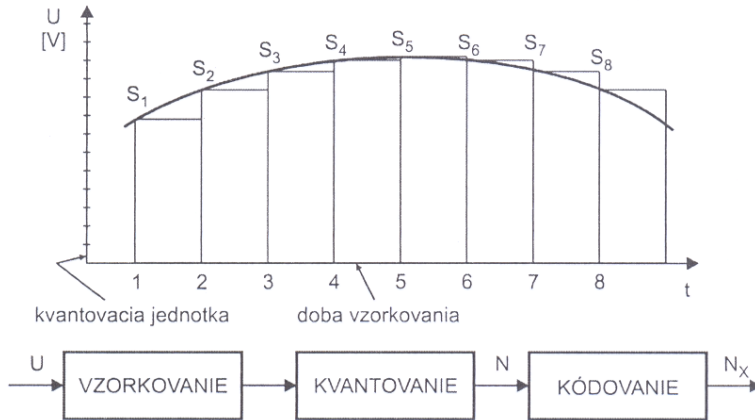


Obr. 7.5. Binárny výstupný signál

Číslicový merací kanál vzniká rozšírením analógového kanála o analógovo – číslicový prevodník (AD prevodník) , ktorý zabezpečuje prevod analógovej veličiny na číslo vo vhodnej forme (kóde), pričom vstupná veličina býva spravidla elektrické napätie. Všeobecný princíp AD prevodu je naznačený na obr. 7.6 na str. 107. Skladá sa zo vzorkovania, kvantovania a kódovania [25].

Vzorkovanie reprezentuje diskretizáciu sledovaného signálu v čase. Spravidla je rovnomerné, pričom sa vyžaduje splnenie vzorkovacieho teorému, podľa ktorého je presná rekonštrukcia spojitého, frekvenčne ohraničeného signálu z jeho vzoriek možná vtedy, pokiaľ bola použitá vzorkovacia frekvencia vyššia

7.1. Merací systém



Obr. 7.6. Všeobecný princíp AD prevodu

než dvojnásobok najvyššej harmonickej zložky vzorkovaného signálu. V praxi sa odporúča minimálne 2,5 násobok. To znamená, že pre správne zmeranie sínusového napätia s frekvenciou 50 Hz je potrebná vzorkovacia frekvencia s hodnotou minimálne 125 Hz. Čím je hodnota vzorkovacej frekvencie vyššia, tým presnejšie je možné signál zmerať, no zároveň rastú hardvérové požiadavky na spracovanie vzoriek. V prípade použitia nedostatočnej vzorkovacej frekvencie môže dôjsť ku tzv. aliasingu, kedy sa rekonštruovaný (digitalizovaný) signál výrazne líši od pôvodného vzorkovaného signálu, čím dochádza ku nepresnému vyhodnoteniu charakteristík meraného signálu [25].

Pri *kvantovaní* sa vstupná analógová veličina U nahradí podľa svojej hodnoty reprezentovanej stupňom S_i jednou z konečného počtu odstupňovaných hodnôt výstupnej veličiny N . Chyba kvantovania sa znižuje zväčšovaním počtu kvantovacích úrovní, t.j. znižovaním kvantovacej jednotky. Po kvantovaní nastáva *kódovanie*, kedy sa každej hodnote N_i sa priradí kombinácia zvoleného kódu. Najčastejšie sa používa prirodzený binárny kód tvorený bitmi, ktorých

váha je monotónne odstupňovaná po celistvých mocninách dvoch:

$$2^{n-1}, 2^{n-2}, \dots, 2^1, 2^0. \quad (7.1)$$

Ak je teda pre meranie použitý napr. 8-bitový prevodník, je schopný rozoznať len $2^N = 2^8 = 256$ kvantovacích úrovní meraného vstupného signálu, čím je daná aj jeho rozlišovacia schopnosť. Ak by bol tento prevodník použitý na meranie napätia o maximálnej hodnote 100 V , tak by mal rozlišovaciu schopnosť $100\text{ V} / 256\text{ V} = 0,39\text{ V}$. To znamená, že každú zmenu napätia menšiu než $0,39\text{ V}$ nebude možné prevodníkom zmerať.

Výber vhodného AD prevodníka pre konkrétnu aplikáciu určuje jeho:

- *rozlišovacia schopnosť* - udáva sa počtom rozlíšiteľných úrovní analógového signálu,
- *vstupný rozsah* - je veľkosť vstupnej veličiny, ktorá bude ešte správne vyhodnotená (zvykne sa taktiež udávať aj maximálna hodnota vstupnej veličiny, ktorou možné prevodník krátkodobo preťažiť),
- *kvantovací krok* - je najmenšia rozoznateľná hodnota vstupnej veličiny, pri ktorej nastane prechod z jednej kvantovacej úrovne na nasledujúcu,
- *chyba kvantovania* - je maximálny rozdiel medzi reálnou hodnotou vstupnej veličiny a hodnotou odpovedajúcej priradenej kvantovacej úrovni (číselne vyjadrenej priradeným kódom),
- *rýchlosť* - je daná počtom prevodov, ktoré prevodník dokáže uskutočniť za jednotku času,
- *výstupný kód* - určuje, aký druh kódovania je použitý na jeho výstupe (binárny, BCD, Grayov kód),
- *stabilita* - vyjadruje stálosť parametrov prevodníka pri pôsobení rušivých vplyvov (teplota, čas, ...),

7.2. Meranie elektrických veličín

- *presnosť prevodníka* - závisí na chybe prevodníka, ktorá sa skladá z dvoch zložiek:
 - aditívnej - nezávisí na hodnote vstupnej veličiny a je v celom rozsahu konštantná,
 - multiplikatívnej - je závislá na hodnote vstupnej veličiny, určuje zmenu sklonu a tvaru skutočnej prevodovej charakteristiky oproti ideálnej prevodovej charakteristike.

7.2 Meranie elektrických veličín

V elektrických staniaciach sa merajú najčastejšie *elektrické veličiny*. Medzi merané veličiny patria:

- *napätie,*
- *prúd,*
- *výkon,*
- *energia,*
- *frekvencia,*
- *rozdiel anapätí a ich uhol,*
- *účinník,*
- *sled fáz.*

Pritom sa ešte môže jednať o veličiny:

- jednosmerné alebo striedavé,
- jednofázové alebo trojfázové,
- činné alebo jalové.

U uvedených elektrických veličín môže byť požadované meranie okamžitých, stredných (efektívnych), sumárnych, minimálnych alebo maximálnych hodnôt.

Všetky vyššie uvedené elektrické veličiny sa merajú priamo, nepriamo alebo prostrednítvom výpočtu zo signálov získaných pomocou prístrojových transformátorov napätia a prúdu. Ich vlastnosti sú bližšie popísané v kapitole 4.1.

7.3 Meranie neelektrických veličín

Okrem elektrických veličín sú v elektrických staniaciach a výrobníach elektrickej energie merané taktiež aj rôzne *neelektrické veličiny*, ako:

- *teplota* - oleja, transformátora, chladiacej vody, . . . ,
- *tlak* - SF6, vzduchu, pary, . . . ,
- *otáčky* - generátorov, chladiacich ventilátorov, . . . ,
- *výška vodnej hladiny* - nádrží vodných elektrární, olejových nádrží, . . . ,
- *prietok* - pary, vody, oleja, . . . ,
- iné.

7.3.1 Meranie teploty

Meranie teploty sa uskutočňuje nepriamo cez zmenu vlastností teplotmernej látky. Preto musí byť *snímač teploty* umiestnený v ochrannom púzdre, čo však spôsobuje oneskorenie prechodu tepla ku snímaču. Medzi javy, ktoré sa najčastejšie využívajú pre meranie teploty, patria [25]:

- *teplotná závislosť odporu materiálov*,
- *Seebeckov jav* (termoelektrické články),
- *zmena rezonančnej frekvencie kryštálu*,

7.3. Meranie neelektrických veličín

- *dilatácia.*

Podľa spôsobu prevedenia rozlišujeme snímače teploty na [25]:

- *dotykové:*
 - elektrické (odporové, polovodičové, ...),
 - dilatačné (bimetalové, tlakové, sklenené),
 - špeciálne (akustické, šumové, ...),
- *bezdotykové:*
 - pyrometre (jasové, radiačné, fotoelektrické),
 - termovízia,
 - infrafotoграфия.

Odporové kovové snímače

Pre meranie teploty sa využíva zmena elektrického odporu od teploty:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta), \quad (7.2)$$

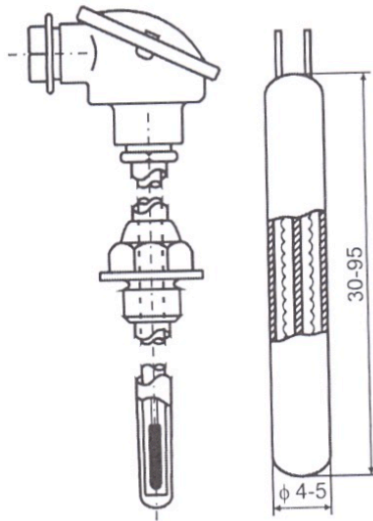
kde R je hodnota odporu spôsobená zmenou teploty, R_0 je hodnota odporu pri referenčnej teplote (najčastejšie 20°C , α je teplotný súčiniteľ a $\Delta\vartheta$ je zmena teploty. Najčastejšie používanými materiálmi sú *platina* (Pt), nikel, meď a molybdén.

Vyhodnocovanie veľkosti merania teploty sa robí pomocou nevyvážených Wheastonových mostíkov, kedy zmena odporu spôsobí rozváženie mostíka, čo sa prejaví zmenou výstupného napätia mostíka. Ohrievaním samotného snímača vzniká chyba merania:

$$\Delta\vartheta = (R_t \cdot I^2)/D, \quad (7.3)$$

kde I je prúd pretekajúcim snímačom a D je zaťažovacia konštanta snímača.

Pre každý snímač udáva výrobca jeho maximálny prípustný prúd. Napríklad pre snímač Pt100 (obr. 7.7) je to pri 0°C hodnota 10 mA [25].



Obr. 7.7. Príklad technickej realizácie snímača teploty Pt100 [25]

Odporové polovodičové snímače

Pre meranie sa využíva zmena elektrického odporu polovodiča od teploty, pričom s ohľadom na charakter zmeny odporu rozlišujeme [25]:

- *negastory* (NTC) - sú to najčastejšie používané termistory so záporným teplotným koeficientom odporu:

$$R_1 = R_r \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_r} \right)} \quad (7.4)$$

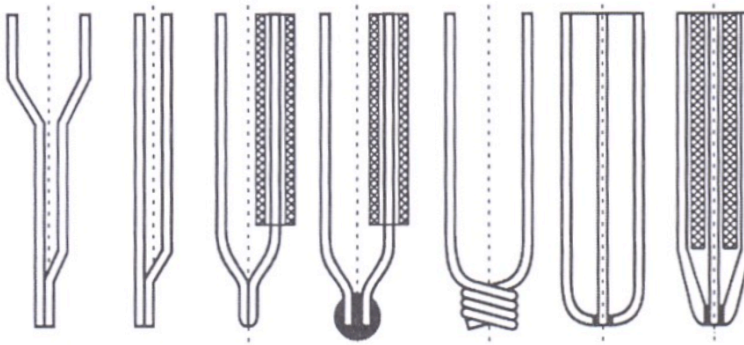
kde R_r (Ω) je odpor pri referenčnej teplote, T_r (K) je referenčná teplota a B (K) je teplotná konštanta závislá od materiálu,

7.3. Meranie neelektrických veličín

- *pozistory* (PTC) - sú to termistory s kladným teplotným koeficientom odporu, ktoré sa používajú ako snímače s binárnym výstupom, ktorým sa signalizuje prekročenie maximálnej dovolenej teploty,
- *monokryštalické senzory* - patria medzi ermistory s kladným teplotným koeficientom odporu, no ich charakteristika má tvar paraboly a umožňuje merať široký rozsah teplôt (napr. kremíkové (Si) senzory sú schopné merať teploty v rozpetí -50°C až 150°C).

Termoelektrické články (termočlánky)

Termočlánky využívajú Seebeckov jav. Pozostávajú z dvoch vodičov (kov alebo polovodič), ktoré sú na jednom konci spolu pevne spojené zvaraním alebo spájkovaním, druhý koniec je rozpojený (obr. 7.8) [25]. Ak majú konce termočlánku rozdielnu teplotu, vzniká na rozpojenom konci elektrické napätie, tzv. Seebeckovo napätie [25].

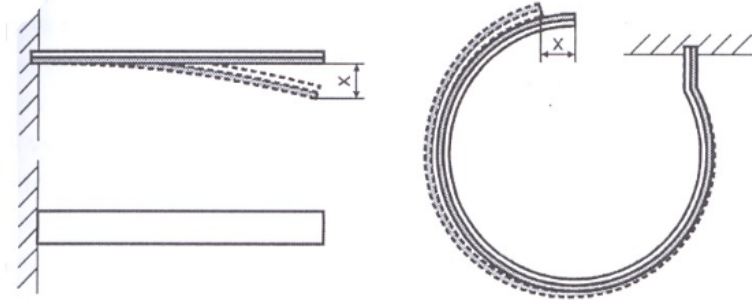


Obr. 7.8. Príklad technickej realizácie termočlánkov [25]

Dilatačné snímače

Pre meranie zmeny teploty sa využíva tepelná rozťažnosť látok, ktorá spôsobí zmenu dĺžky alebo objemu snímača, čím je vyjadrená informácia o teplote. Z tohoto dôvodu je výstupný signál logický alebo binárny. Najčastejšie

pre tieto snímače používajú *bimetal*y (dvokjovy) s nerovnakou mierou tepelnej rozťažnosti (obr. 7.9) [25].



Obr. 7.9. Príklad technickej realizácie dilatačného snímača [25]

Bezdotykové meranie teploty

Pre meranie teploty sa vyhodnocuje *tepelné - infračervené žiarenie*. Vlnové dĺžky od $0,8 \mu\text{m}$ do $30 \mu\text{m}$ reprezentujú teploty od -40°C do $10\,000^\circ\text{C}$. Pri ich použití treba brať do úvahy, že žiarenie má rovnaké vlastnosti ako svetlo:

- šíri sa priamočiario,
- odráža sa,
- láme sa,
- polarizuje sa,
- interferuje.

Medzi základné výhody týchto snímačov patrí [25]:

- zanedbateľný vplyv meracieho prvku na meraný objekt,
- možnosť merania teploty pohybujúceho sa (rotujúceho) telesa,
- možnosť merania rýchlych zmien teploty,
- plošné snímanie teploty objektu (termovízia),

7.3. Meranie neelektrických veličín

medzi nevýhody treba zaradiť:

- nižšiu presnosť merania,
- nejednoznačnú priechodnosť infračerveného žiarenia prostredím,
- odrazy infračerveného žiarenia od okolitého prostredia.

Snímače infračerveného žiarenia delíme podľa princípu, ktorý využívajú na [25]:

- *teplotné snímače* - využívajú fotoelektrický jav:
 - fotorezistory,
 - fotodiody,
- *teplotné snímače* - absorpciou žiarenia menia svoje vlastnosti:
 - bolometre – menia svoj odpor,
 - termoelektrické snímače – generujú jednosmerné napätie,
 - pyroelektrické snímače – zmenou polarizácie menia hodnotu elektrického náboja,
 - pyrometre – menia veľkosť napätia alebo obraz (termovízia).

7.3.2 Meranie prietoku

Meranie prietoku sa vykonáva u *kvapalín* a *plynov*. Určuje sa *objemové množstvo* Q_V [25]:

$$Q_V = \frac{dV}{dt} = v \cdot S \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}, \quad (7.5)$$

alebo *hmotnostné množstvo* Q_S :

$$Q_S = \frac{dM}{dt} = \rho \cdot v \cdot S \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}, \quad (7.6)$$

kde v je stredná rýchlosť pretekajúcej tekutiny a ρ je hustota pretekajúcej tekutiny. Ako vyplýva z tvaru rovníc (7.5) a (7.6), jedná sa integračné meranie. Pritom ešte treba uvažovať stavové veličiny tekutiny v mieste merania. Pre kvapaliny je to teplota, pre plyny teplota a tlak. Preto je v súčasnosti trendom merať *priamo hmotnostný prietok* pretekajúcej tekutiny, čím dochádza ku eliminácii vplyvu tlaku, teploty a viskozity v mieste merania [25].

Prúdenie tekutiny sa mení podľa rýchlosti prúdenia, hustoty tekutiny, viskozity tekutiny a charakteristického prierezu. Podľa charakteru rozlišujeme prúdenie laminárne (ideálne) a prúdenie turbulentné, ktoré je typické pre technické zariadenia.

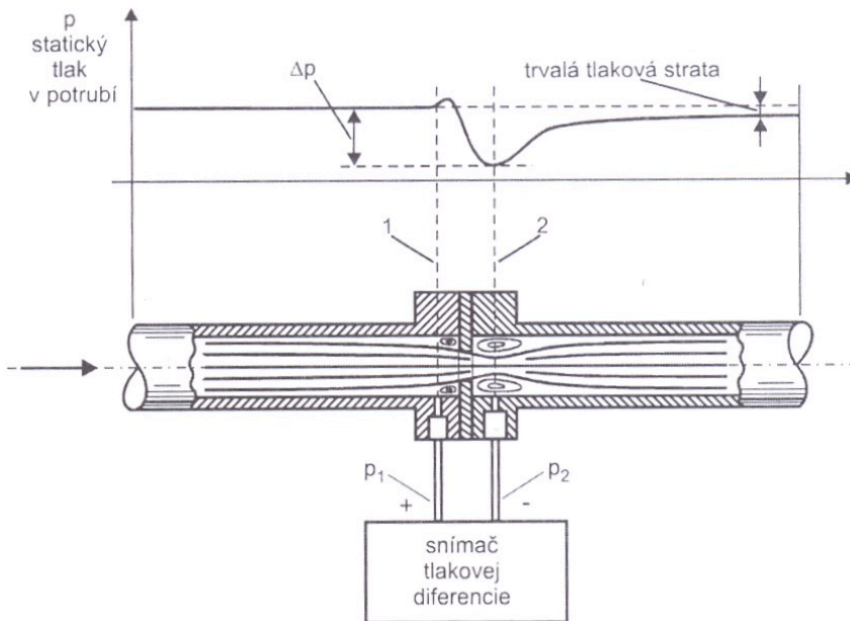
Metódy pre meranie prietoku sa podľa fyzikálneho princípu delia na metódy [25]:

- *objemové, dávkovacie* - spojité (kyvné, bubnové, piestové)
- *rýchlostné*:
 - lopatkové, turbínové,
 - indukčné,
 - ultrazvukové,
 - vírové,
 - *prierezové*,
 - plavákové,
- *hmotnostné*:
 - Coroliosové,
 - tepelné.

Prierezové prietokomery

Prierezové prietokomery sú často používané v energetike. Pre svoju činnosť

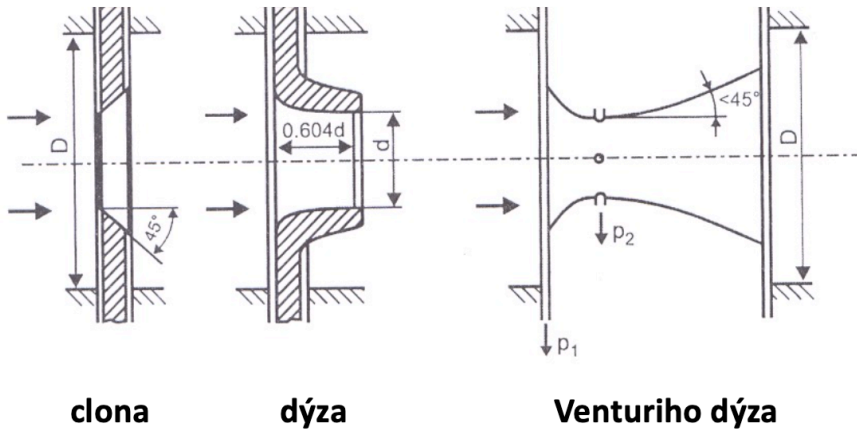
7.3. Meranie neelektrických veličín



Obr. 7.10. Ukážka princípu systému pre meranie prietoku [25]

využívajú rôzne *škrtiace zariadenia*, pomocou ktorých vytvoria nemenný zoškrtený prietokový prierez, v ktorom dochádza ku zmene rýchlosti pretekajúcej tekutiny. Zvnikne tým rozdiel potencionalnej tlakovej energie pred a za škrtiacim zariadením, ktorý sa využíva pre meranie prietoku. Ukážka meracieho systému pracujúceho na tomto princípe je na obr. 7.10.

V meracích zariadeniach pre meranie prietoku sa používajú tzv. *normalizované škrtiace zariadenia* (obr. 7.11), ktoré sú navrhnuté tak, že ak sa pri ich konštrukcii dodrží pomer rozmerov uvedený na obr. 7.11, je možné pre meranie prietoku použiť univerzálne odvodené matematické vzťahy, pričom nezáleží, či má škrtiace zariadenie v priemere 1 alebo 10 metrov.



Obr. 7.11. Normalizované škrtiace zariadenia [25]

Pre reálnu tekutiny je možné zostaviť *prietokovú rovnicu*:

$$Q_V = \alpha \cdot \varepsilon \cdot S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta p}, \quad (7.7)$$

kde Q_V je objemový prietok v potrubí, α je prietokový koeficient vzťahnutý na zoškrtený prierez, ε je koeficient expanzie (plyn $\varepsilon < 1$, kvapaliny $\varepsilon = 1$), ρ je hustota pretekajúcej tekutiny pri prevádzkových podmienkach a Δp je tlakový spád na škrtiacom zariadení [25].

Prietoková rovnica pre *suché plyny* má tvar:

$$Q_V = k \cdot \sqrt{\frac{p}{T} \cdot \Delta p}, \quad (7.8)$$

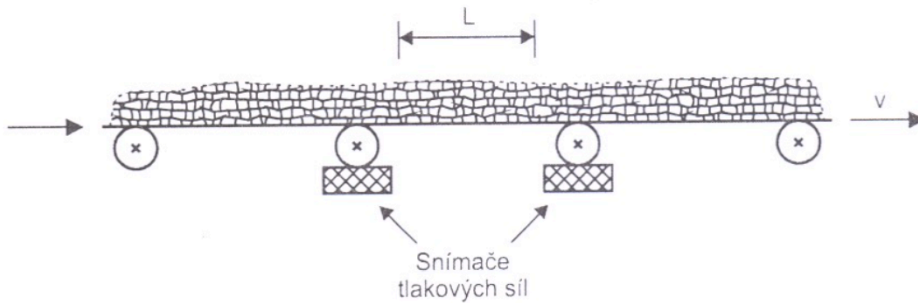
kde p je tlak a T je teplota.

Prietoková rovnica pre *prehriatu paru* má tvar:

$$Q_V = \alpha \cdot \varepsilon \cdot S_0 \sqrt{2 \cdot v_0^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{v}} \cdot \sqrt{\Delta p}, \quad (7.9)$$

kde v je hmotnostný obeh pary.

7.3. Meranie neelektrických veličín



Obr. 7.12. Pásový merací systém [25]

Tok sypkých látok

Meranie toku sypkých látok sa používa pri sledovaní spojitej dopravy materiálu (napr. uhlia). Meria sa pri tom *hmotnostný prietok*. Na dĺžke L dopravnej trasy (obr. 7.12), ktorú určuje výrobca meracieho systému, sa zabezpečí konštantná rýchlosť pohybu materiálu v . Vážením sa na dĺžke L zistí zaťaženie materiálom M_0 . Pre hmotnostný prietok Q_M za čas platí [25]:

$$Q_M = \frac{v}{L} \cdot M_0. \quad (7.10)$$

Potom je množstvo materiálu, ktoré prejde cez merací systém, možné určiť pomocou vzťahu [25]:

$$M = \frac{V}{L} \int_{t_1}^{t_2} Q'_M \cdot dt, \quad (7.11)$$

kde Q'_M je hmotnostný prietok cez merací systém za elementárny časový interval (kg/min, kg/hod, ...).

7.3.3 Meranie množstva tepla

V technickej praxi rozumieme pod pojmom *teplo* množstvo tepla dodané alebo odobrané cez výmenník tepla prostredníctvom teplotnosného média v teplo technických zariadeniach [25].

Jednotkou teplotného množstva je Joule [J]. Množstvo tepla, ktorým sa jednotka hmoty (1 kg) danej látky ohreje o 1 °C udáva *špecifická tepelná kapacita* C (merné teplo), ktorj jednotka je $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Pre praktické výpočty sa však častejšie používa *priemerná špecifická tepelná kapacita* v určitom rozsahu teplôt ϑ_1 a ϑ_2 :

$$c = \Delta Q / (m \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2)), \quad (7.12)$$

kde ΔQ je množstvo tepla dodané látke a m je hmotnosť látky. Ako teplotnosné médium sa najviac používa:

- voda,
- vzduch,
- para,
- nemrznúca kvapalina.

Tepelný výkon pri prenose tepla je definovaný ako [25]:

$$P_Q = Q_M \cdot c \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) = \rho \cdot c \cdot Q_V \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2), \quad (7.13)$$

kde Q_M je hmotnostný prietok teplotnosnej tekutiny, c je špecifická tepelná kapacita (merné teplo), ϑ_1 a ϑ_2 sú teploty v miestach merania, pred a za spotrebičom, ρ je špecifická hustota teplotnosnej tekutiny a Q_V je objemový prietok

7.3. Meranie neelektrických veličín

teplonosnej tekutiny. Z neho je možné vypočítať *množstvo tepla ako*:

$$Q = \int_0^t P_Q \cdot dt = \sum_{i=1}^n \Delta Q_i = \sum_{i=1}^n (P_{Q_i} \cdot \Delta t_i). \quad (7.14)$$

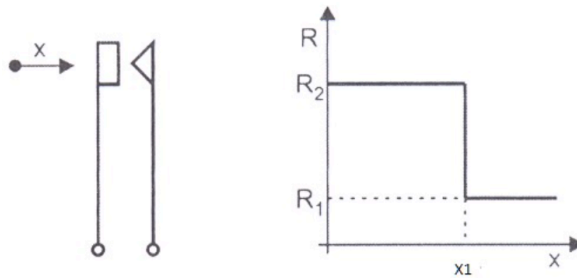
Merača tepla sa delia podľa [25]:

- *druhu snímačov teploty,*
- *princípu merania prietoku,*
- *spôsobu výpočtu tepelného výkonu na snímače:*
 - mechanické,
 - elektrické,
 - elektronické (inteligentné).

7.3.4 Snímanie polohy

Podľa funkčného princípu a spôsobu vyhotovenia rozoznávame *snímače polohy* [25]:

- *spojité:*
 - odporové,
 - indukčné,
 - kapacitné,
- *nespojité:*
 - odporové,
 - oscilátorové,
 - magnetické,
 - optoelektronické.



Obr. 7.13. Spínací kontakt [25]

Nespojité odporové snímače

Nespojité odporové snímače menia zmenu svojej polohy alebo posunutia na skokovú zmenu svojho odporu prepínaním kontaktu (obr. 7.13). Keďže vzhľadom na svoju konštrukciu indikujú dosiahnutie dopredu určenej polohy, majú logický/binárny výstup, ktorý môže reprezentovať dosiahnutie:

- referenčnej polohy,
- nulovej (neutrálnej) polohy,
- koncovej polohy.

Spínací kontakt môže byť ovládaný priamo mechanickým posunutím prvku, alebo nepriamo cez prevod sledovanej veličiny na posunutie.

Medzi základné parametre odporových snímačov patria [25]:

- *prechodový odpor* - patrí medzi najdôležitejšie parametre, pretože určuje samotnú funkčnosť spínača a tým aj presnosť a spoľahlivosť merania,
- *rušivé napätie* - vzniká zmenami prechodového odporu vplyvom nestálosti prítláčnej sily,
- *medzný prúd* - spôsobuje elektrické opotrebenie kontaktov.

Meranie výšky hladiny

Meranie výšky hladiny je špecifickým meraním polohy. Rozlišujeme:

7.3. Meranie neelektrických veličín

- *kontinuálne* (spojité) *meranie* - sledovaná výška hladiny sa vyhodnocuje analógovým meracím členom a výstupný signál proporcionálne zodpovedá výške hladiny,
- meranie pre *ochranu proti pretečeniu* (preplneniu) *nádob* - zvyšuje bezpečnosť obsluhy a zariadení,
- meranie pre *vyhodnocovanie medzných stavov* - používa sa pre sledovanie charakteristických stavov (napr. minima a maxima) a preto je výstup z meracieho člena logického typu.

Pre meranie výšky hladiny sa používajú rôzne princípy. Medzi najznámejšie patria meranie pomocou palvákov, meranie s ponorným telesom, vyhodcovanie hydrostatického účinku stĺpca kvapaliny, meranie s kapacitnými snímačmi a bezdotykové meranie s ultrazvukovými či mikrovlnnými snímačmi [25].

Kapitola 8

Prenos dát

Informácie, ktoré sú používané informačným systémom, je potrebné preniesť z miesta ich získavania (merania) na miesto ich ďalšieho spracovania a využitia. Pre elektroenergetiku je charakteristické, že vzdialenosť medzi miestom získania spracovania sa môže meniť od niekoľko metrov (v rámci elektrickej stanice) až po 100-ky kilometrov (prenos medzi elektrickou stanicou a dispečingom).

Keďže pri riadení elektrizačnej sústavy je požadovaná vysoká spoľahlivosť prenosu dát, je potrebné zabezpečiť, aby dáta boli vo forme vhodných signálov "fyzicky" prenesené prostredníctvom prenosových médií, ktoré sú navzájom poprepájané do vhodnej topológie dátovej siete a prenos dát je zabezpečený pomocou vhodného komunikačného protokolu.

8.1 Média prenosu informácií

V rámci prenosových médií je možné prenášať rôzne typy signálov [26]:

- *analógové signály* - dochádza u nich ku spojitým zmenám, ktoré sú vyvolané zmenou hodnoty prenášanej informácie v čase,

- *digitálne signály* (číslícové) - reprezentujú informáciu v diskretnej podobe, pričom na vyjadrenie informácie využívajú len dve hodnoty - 0 a 1,
- *diskrétné signály* - reprezentujú informáciu ako nespojitú funkciu, ktorej hodnoty tvoria skupinu diskretných hodnôt izolovaných v časovej doméne.
- *šum* - predstavuje neželané signály, ktoré sú však odlišné od signálov poškodených alebo dodaných k užitočnému signálu prenášajúcemu informácie. Pre kvalitný prenos signálu je potrebné zabezpečiť určitý pomer (odstup) výkonu užitočného signálu k výkonu šumu. Tento pomer sa označuje ako *pomer signál - šum* (signal-to-noise-ratio). Vyjadruje sa v decibeloch a pre dobrú komunikáciu je potrebná hodnota 50 dB.

Podľa určitosti delíme signály na:

- *deterministické signály* - ich hodnotu je možné určiť vždy (napr. meranie prúdu alebo napätia) a ich prítomnosť v informačnom systéme očakávame, pretože popisujú normálnu prevádzku elektrizačnej sústavy,
- *stochastické signály* - určenie ich hodnoty je náhodné a závisí od pravdepodobnosti ich výskytu (napr. meranie pri poruche). S týmito signálmi tiež počítame v informačnom systéme, no ich prenos je náhodný, pretože patria k poruchovej signalizácii.

Dôležitým pojmom v oblasti prenosu signálov je *šírka pásma* (bandwidth). Je to frekvenčný rozsah potrebný k tomu, aby bola informácia, reprezentovaná celkovou energiou signálu, prenesená bez skreslenia. Každý signál ľubovoľného tvaru sa dá rozložiť na frekvenčné zložky (signály s rôznou frekvenciou), ktorých spoločný súčet (superpozícia) dáva opäť tvar pôvodného signálu. V tomto súčte existuje signál s najmenšou frekvenciou f_{\min} a s najväčšou frekvenciou f_{\max} . To znamená, že pre signál, ktorý sa skladá z frekvencií od $f_{\min} = 20$ kHz

8.1. Média prenosu informácií

po $f_{\min} = 60 \text{ kHz}$, je potrebná šírka pásma rovna $f_{\max} - f_{\min} = 40 \text{ kHz}$, aby bol signál prenesený bez skreslenia.

U prenosových médií definujeme *prenosové pásmo* (frekvenčný rozsah), ktoré reprezentuje rozsah frekvencií, ktoré dokáže dané prenosové médium fyzicky preniesť. Ak je prenosové pásmo média menšie ako šírka pásma signálu, dochádza ku skresleniu signálu, čo má za následok, že pri prenose signálu médium sa stratí/poškodí informácia uložená v signáli.

Komunikačný kanál reprezentuje určitú časť prenosového média, ktorá slúži na prenos toku dát medzi vysielateľom a prijímateľom. V rámci jedného prenosového média sa využíva viacero komunikačných kanálov, ktoré sú od seba oddelené, aby bol možný súčasný prenos signálov medzi viacerými dvojicami vysielateľ - prijímateľ v rovnakom čase daným prenosovým médium, a tak bolo efektívne využívané dostupné prenosové pásmo prenosového média [26].

Prenos signálov cez komunikačné kanály na veľké vzdialenosti umožňujú *modulačné techniky*, pretože potláčajú skreslenia signálu vplyvom šumu a optimalizujú energetickú náročnosť prenášaného signálu. Signál nesúci informáciu (*modulačný signál*) modifikuje vo vysielateľi *nosný signál*, pričom vzniká nový *modulovaný signál*, ktorý sa šíri prenosovým médium. Modulovaný signál je v prijímateľi potom spätne demodulovaný na signál nesúci pôvodnú informáciu.

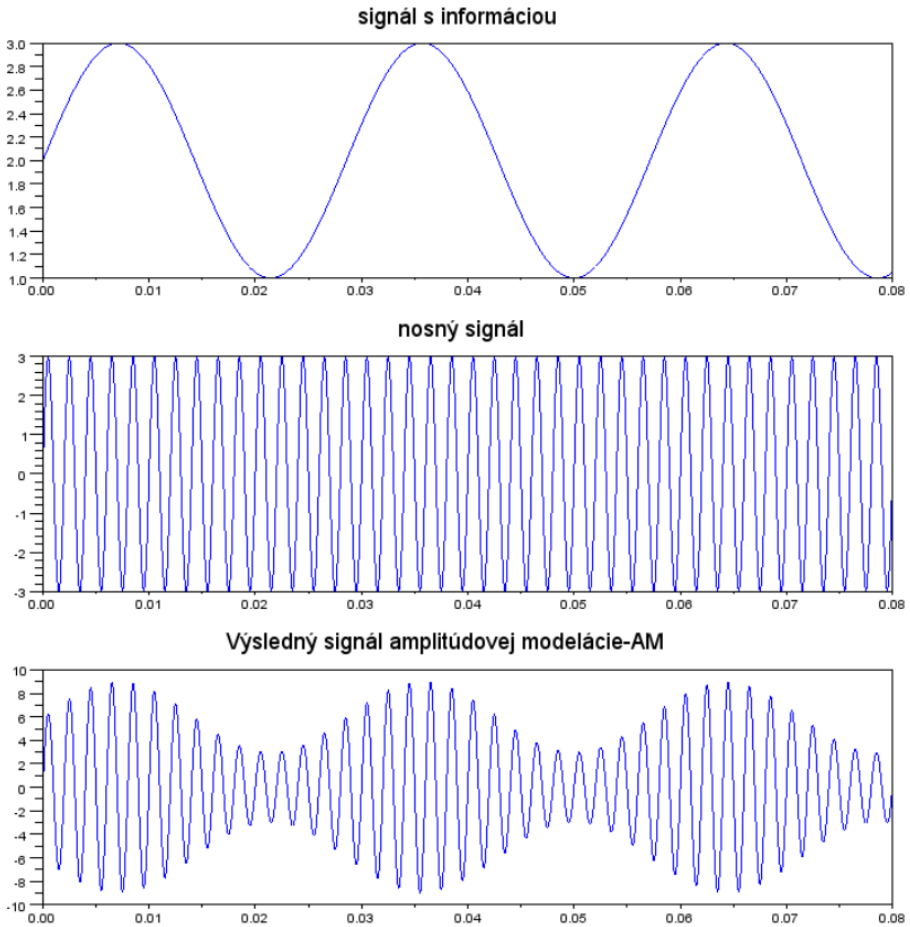
8.1.1 Modulácie analógových signálov

Pri modulácii analógových signálov sa najskôr využívala *amplitúdová modulácia*, ktorá bola neskôr vytlačená *frekvenčnou moduláciou*, pretože má menšie energetické nároky na moduláciu a demoduláciu signálu.

Amplitúdová modulácia - AM

Pri amplitúdovej modulácii má nosný signál konštantnú frekvenciu, mení sa len jeho amplitúda podľa modulačného signálu (nesúceho informáciu). Princíp modulácie je ukázaný na obr. 8.1 na str. 128. Ako je vidieť, výsledný signál

AM mení svoj tvar (amplitúdu) podľa tvaru signálu s informáciou (obr. 8.1 hore).



Obr. 8.1. Princíp amplitúdovej modulácie

Frekvenčná modulácia - FM

Pri frekvenčnej modulácii má nosný signál konštantnú amplitúdu, mení sa len jeho frekvencia podľa modulačného signálu (nesúceho informáciu). Princíp modulácie je ukázaný na obr. 8.2 na str. 130. Opäť je vidieť, že výsledný signál

8.1. Média prenosu informácií

FM mení svoj tvar (frekvenciu) podľa tvaru signálu s informáciou.

Ukážky amplitúdovej a frekvenčnej modulácie rovnakého reálneho signálu sú na obr. 8.3 a na obr. 8.4 na str. 132, kde je pre lepšiu názornosť vyobrazený len detail signálu.

8.1.2 Modulácie digitálnych signálov

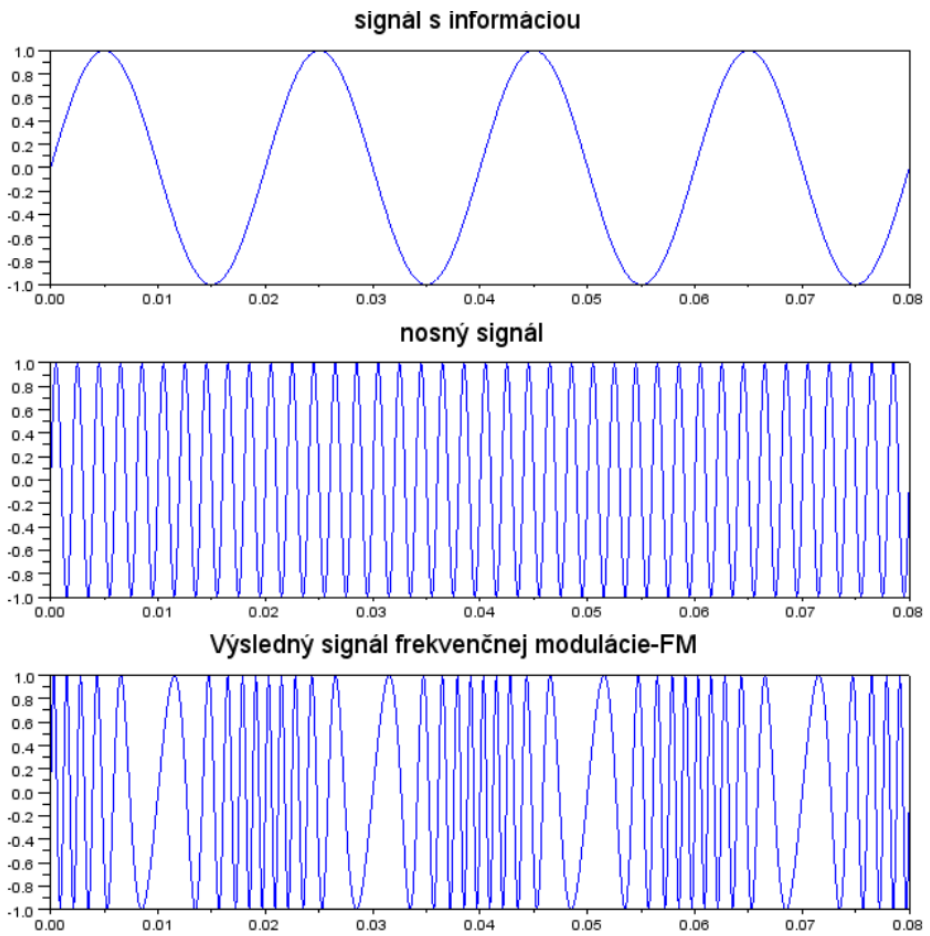
Ako bolo uvedené vyššie, digitálne signály reprezentujú informáciu v diskretnej podobe, pričom na vyjadrenie informácie využívajú len dve hodnoty - 0 a 1. Avšak tieto hodnoty musia byť tiež vyjadrené nejakým spojitým fyzickým signálom, ktorý je možné získať vhodnou moduláciou.

Pri digitálnych signáloch rozlišujeme moduláciu:

- *amplitúdovú* (obr. 8.5),
- *frekvenčnú* (obr. 8.6 na str. 133),
- *fázovú* (obr. 8.7 na str. 134) - hodnoty logickej 0 a 1 majú fázový posun (napr. 180°),
- *fázová rozdielová modulácia* (obr. 8.8 na str. 134 na str. 134) - len jeden zo signálov mení fázu (1-0-1-1),
- *viacstavová modulácia* (obr. 8.9 na str. 135) - pre moduláciu je použitých viac diskretných stavov, ktoré však musia byť od seba oddelené tak, aby bola jednoduchá ich detekcia.

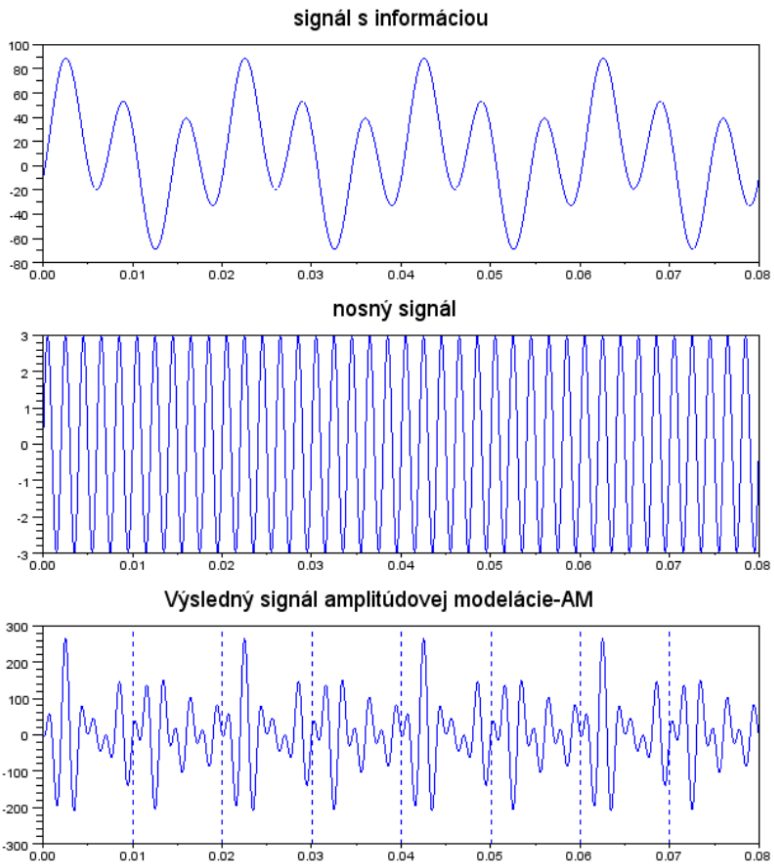
Medzi najväčšie výhody digitálnych signálov patrí to, že sa dajú ľahko zrekonštruovať (obr. 8.10 na str. 136). Je k tomu však potrebná synchronizácia vysielača a prijímača, aby na oboch stranách boli generované rovnaké taktovacie impulzy.

Práve požiadavka na nízku energiu nosného signálu a schopnosť jednoduchšej rekonštrukcie signálu umožnili presadenie sa digitálnej komunikácie.

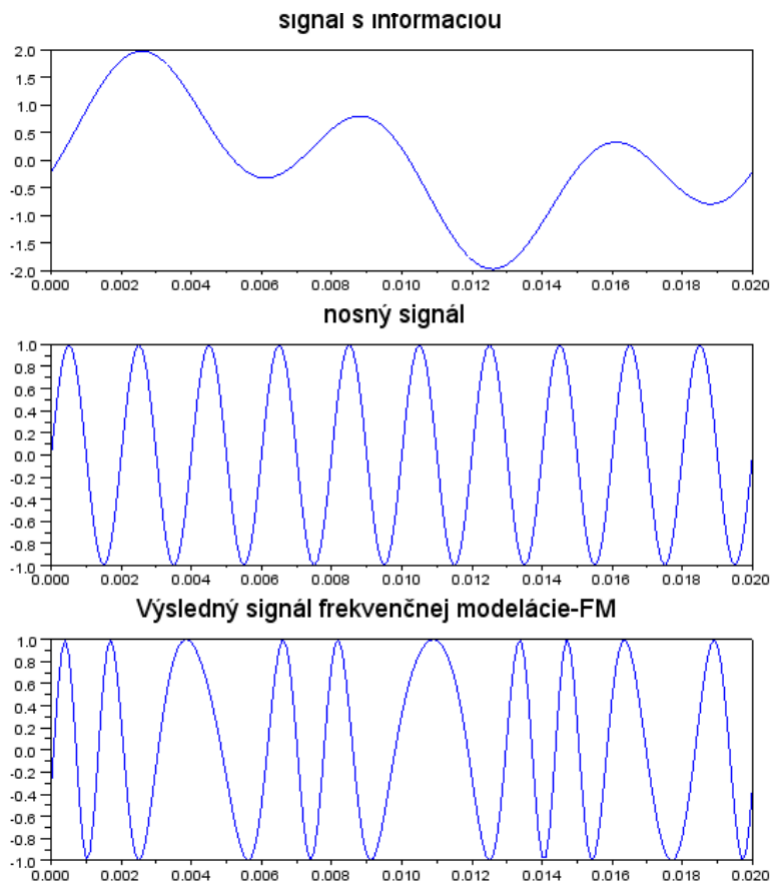


Obr. 8.2. Princíp frekvenčnej modulácie

8.1. Média prenosu informácií

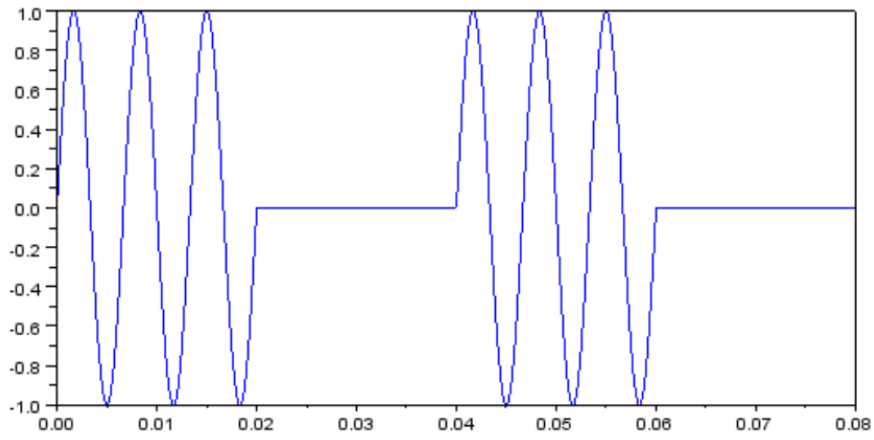


Obr. 8.3. Amplitúdová modulácia reálneho signálu

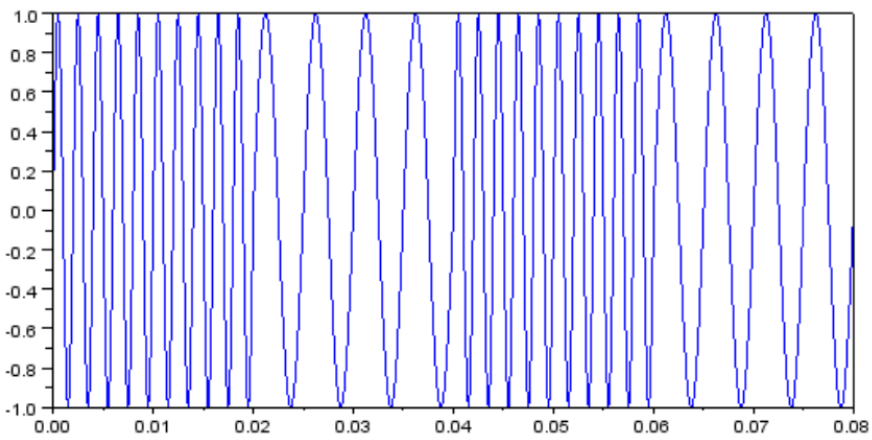


Obr. 8.4. Frekvenčná modulácia reálneho signálu

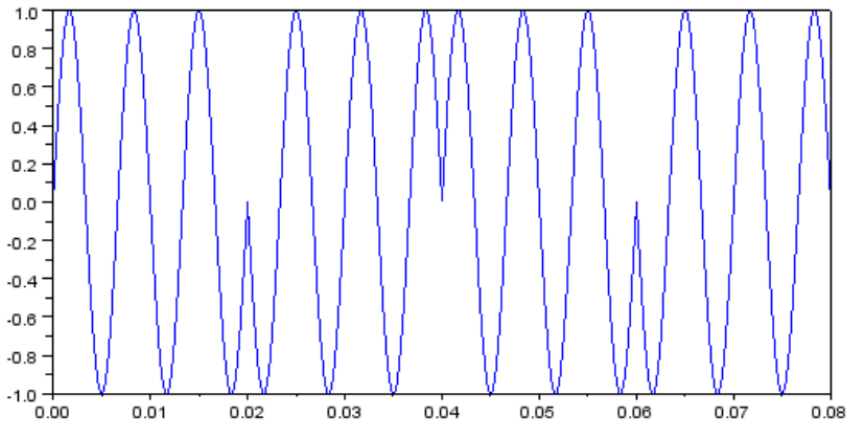
8.1. Média prenosu informácií



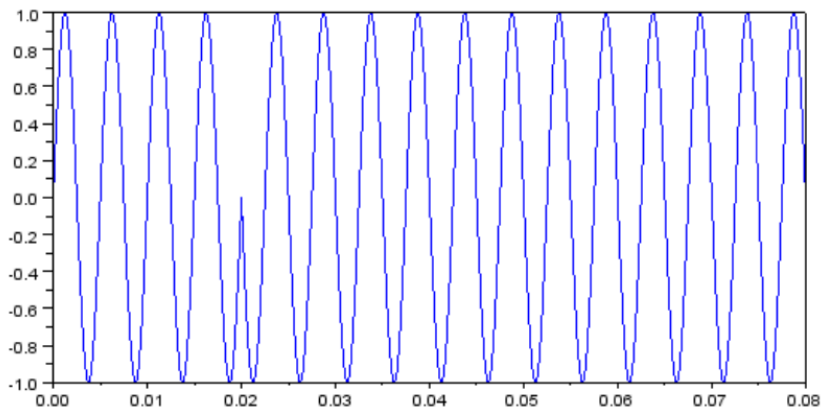
Obr. 8.5. Amplitúdová modulácia digitálneho signálu



Obr. 8.6. Frekvenčná modulácia digitálneho signálu

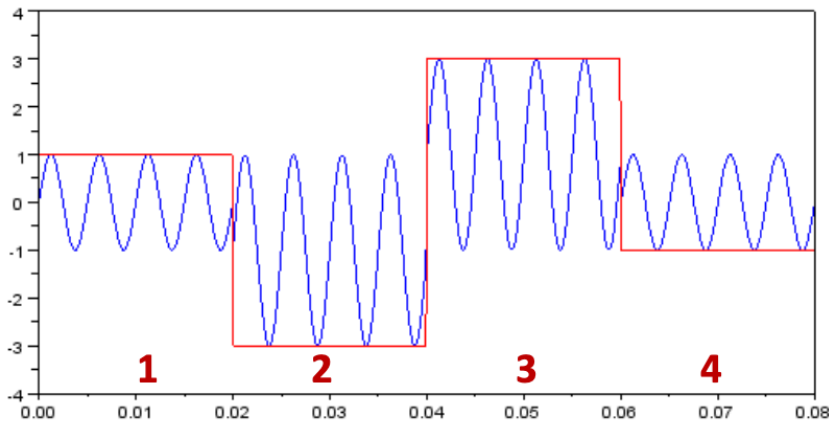


Obr. 8.7. Fázová modulácia digitálneho signálu



Obr. 8.8. Fázová rozdielová modulácia digitálneho signálu

8.1. Média prenosu informácií



Obr. 8.9. Viacstavová modulácia digitálneho signálu

8.1.3 Typy prenosových médií

Signály sú v rámci informačného systému prenášané buď pomocou káblových prenosových médií, rádiovým prenosom alebo ich kombináciou.

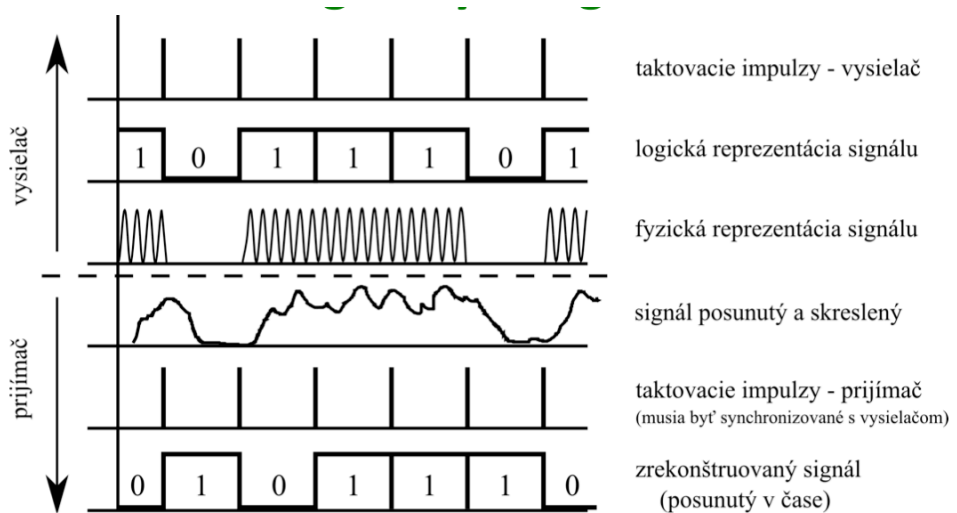
Medený kábel

Medený kábel patrí stále medzi najviac používané prenosové médiá v dátových sieťach, hlavne pre menšie prenosové vzdialenosti. Prenos signálu je zabezpečený interakciou elektrického a magnetického poľa vodiča. Dochádza pritom ku oneskoreniu, skresleniu, útlmu a odrazu signálu, takže je pri prenose na väčšie vzdialenosti nutné používať tzv. opakovače signálu.

Rýchlosť šírenia signálu je blízka rýchlosti svetla ($3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Medený kábel sa v praktických realizáciách používa u:

- paralelných vodičov,
- krížených párových káblov,
- koaxiálnych káblov.

Krížený párový kábel sa skladá z rozličného počtu krížených párov mede-



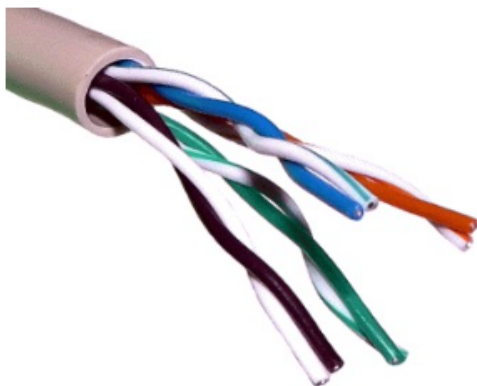
Obr. 8.10. Princíp rekonštrukcie digitálneho signálu

ných izolovaných vodičov (obr.), ktoré môžu byť netienené (UTP) alebo po pároch tienené (STP), pričom pre vyššie prenosové rýchlosti sa používa tienenie po jednotlivých pároch a aj celého kábla (S/STP).

S narastajúcou potrebou prenosu vyššieho množstva dát vznikali kategórie krížených párových káblov s vyššími prenosovými rýchlosťami:

- kategória 1 - používa sa len pre telefónne rozvody,
- kategória 2 - používa sa taktiež len pre telefónne rozvody, no dosahuje prenosovú rýchlosť 4 Mbps (bits per second - bitov za sekundu),
- kategória 3 - netienený kábel so šírkou pásma 16 MHz a prenosovou rýchlosťou 10 Mbps,
- kategória 4 - netienený kábel so šírkou pásma 20 MHz a prenosovou rýchlosťou 16 Mbps,
- kategória 5/5e - netienený kábel so šírkou pásma 100 MHz a prenosovou rýchlosťou 100 Mbps,

8.1. Média prenosu informácií

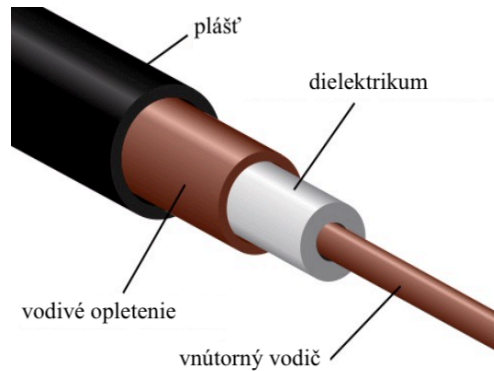


Obr. 8.11. Krížený párový kábel - verzia UTP

- kategória 6 - podporuje prenos pri frekvenciách do 250 MHz pri prenosovej rýchlosti 1 Gbps,
- kategória 6a - je štandardom pre prenos dát pri frekvenciách do 500 MHz pri prenosovej rýchlosti 10 Gbps,
- kategória 7 - je štandardom pre prenos dát pri frekvenciách do 600 MHz pri prenosovej rýchlosti 10 Gbps,
- kategória 7a - je štandardom pre prenos dát pri frekvenciách do 1 000 MHz pri prenosovej rýchlosti 10 Gbps,
- kategória 8 - je novým štandardom pre podporu prenosu dát pri frekvenciách do 2 000 MHz pri prenosovej rýchlosti až 40 Gbps.

Medzi hlavné výhody krížených párových káblov patrí vysoká dostupnosť a malé náklady na inštaláciu, medzi nevýhody zas limitovaný dosah (použiteľná dĺžka) a veľká náchylnosť na elektromagnetické a frekvenčné rušenie.

V prevádzkach, kde hrozí veľké rušenie (napr. elektrické stanice), sa v minulosti využívali *koaxiálne káble*. Odolnosť voči rušeniu bola daná samotnou konštrukciou koaxiálneho kábla, kde tenký medený drôt je obkolesený dielektrick-



Obr. 8.12. Konštrukcia koaxiálneho kábla

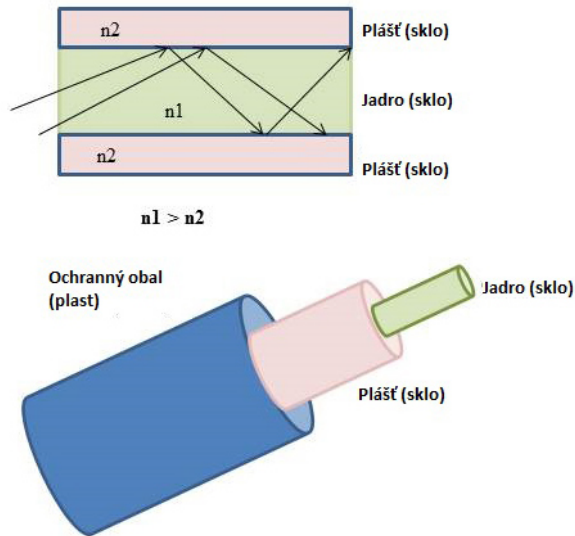
kým izolátorom, metalickým tienením a vonkajším obalom (obr. 8.12). Napriek tomu, že pomocou koaxiálnych káblov bolo možné dosiahnuť vyššie prenosové rýchlosti (u analógových signálov do frekvencie okolo 400 MHz a u digitálnych signálov až do rýchlosti 800 Mbps), boli kvôli nie príliš praktickej inštalácii a s tým spojenými vysokými nákladmi rýchlo nahradené káblami optickými.

Optický kábel

V súčasnosti sú pri vysokorýchlostný prenos dát používané výlučne *optické káble* - tzv. optika. Vďaka svojej konštrukcii a princípu prenosu signálov pomocou svetelných impulzov v optických vláknach (obr. 8.13) dosahujú prenosové rýchlosti (prenosovú kapacitu) bežne 1 Gbps (v súčasnosti je hranica 57 Gbps) a sú odolné voči elektromagnetickému rušeniu.

Medzi ich nevýhody patrí to, že sú náchylné na zlomenie, každé vlákno v optickom kábli prenáša v danom čas len jeden signál jedným smerom (tzv. monovidové vlákna), je možné ich spájať len pomocou *zvárania* (nekvalitné spojenie má zásadný vplyv na zníženie prenosovej rýchlosti a kvality prenosu dát) a ich pripojenie na iné prenosové médiá sa musí realizovať optickými prevodníkmi (vyššie náklady).

8.1. Média prenosu informácií



Obr. 8.13. Konštrukcia a princíp prenosu signálu optickým vláknom

Rádiový prenos

Pre rádiový prenos dát sa používajú *rádiové vlny* s rôznou dĺžkou periódy resp. frekvencie. Od veľmi dlhých vln (VLF) so šírkou pásma 3 - 30 kHz (ktoré sa dobre šíria na veľké vzdialenosti), cez krátke vlny (HF) so šírkou pásma 3 - 30 MHz a veľmi krátke vlny (VHF) so šírkou pásma 30 - 300 MHz, až po ultra krátke vlny (UHF) so šírkou pásma 0,3 - 3 GHz.

Rádiový prenos má, v závislosti od frekvencie vln, dosah od 100-viek metrov (VHF, UHF) až po 100-ky km (VLF). Ich výhodou je, že sa vedia šíriť všetkými smermi a šíria sa aj v rámci budov. Čím majú väčšiu frekvenciu, tým dokážu prenášať väčší objem dát, no pri vysokých frekvenciách sú pri svojom šírení odrážané či dokonca pohlcované vodou alebo molekulami kyslíka.

Rádiový prenos sa uskutočňuje pomocou analógových aj digitálnych systémov, ktoré využívajú *licencované* alebo *nelicencované* frekvenčné pásma. Výhodou používania licencovaného frekvenčného pásma je to, že každý používateľ

má pre svoju komunikáciu a prenos dát pridelené vlastné frekvenčné pásmo, čím je zabezpečená zvýšená spoľahlivosť prenosu (lepšia korekcia chýb, odstránenie kolízií v prenose, možnosť komunikácie zariadenie - zariadenie, dostupnosť testovacích funkcií). Prenosové rýchlosti dosahujú hodnoty 9,6 - 19,2 kbps.

Samostatnou skupinou v rámci rádiového prenosu sú GSM/GPRS dátové siete, ktoré sa využívajú pre mobilnú komunikáciu a prenos dát s tými elektrickými stanicami, kde nie je vybudované spojenie pomocou káblového média (najčastejšie optického kábla), s prvkami umiestnenými vo vedeniach 22 kV (recloseri, diaľkovo riadené úsečníky), alebo s výrobňami elektrickej energie menších výkonov, ktoré sú pripojené do distribučnej sústavy na úrovni 22 kV alebo 0,4 kV.

8.1.4 Spôsoby prenosu signálov z hľadiska času a využitia prenosového média

Podľa smeru prenosu signálov v danom čase rozlišujeme prenos typu:

- *simplex* - prenos signálu (dát) prebieha len jedným smerom v danom čase,
- *polovičný duplex* - prenos signálov (dát) je možný v oboch smeroch, no v danom čase prebieha len jedným smerom,
- *duplex* (plný duplex) - prenos signálov (dát) môže prebiehať v danom čase oboma smermi.

Podľa spôsobu komunikácie s ohľadom na vzájomné prepojenie v danom priestore rozlišujeme komunikáciu (prenos signálov) typu:

- *priama linka* - signál je prenášaný priamo medzi vysielačom a prijímačom, k čomu sú pri väčších vzdialenostiach nutné opakovače a zosilňovače energie a tvaru prenášaného signálu,
- *spojenie bod - bod* (Point-to-Point) - priame spojenie výlučne len medzi

8.2. Topológie dátových sietí

dvoma komunikačnými zariadeniami,

- *viacbodové spojenie* (Multipoint) - prenosové médium je zdieľané viacerými komunikačnými zariadeniami naraz.

8.2 Topológie dátových sietí

Počas vývoja komunikačných systémov sa postupne vyvinuli základné *topológie dátových sietí* (vzájomné prepojenie), ktoré umožňujú efektívne prepájať jednotlivé súčasti informačných a riadiacich systémov, riadiť tok dát a riešiť prípadné poruchy prenosu.

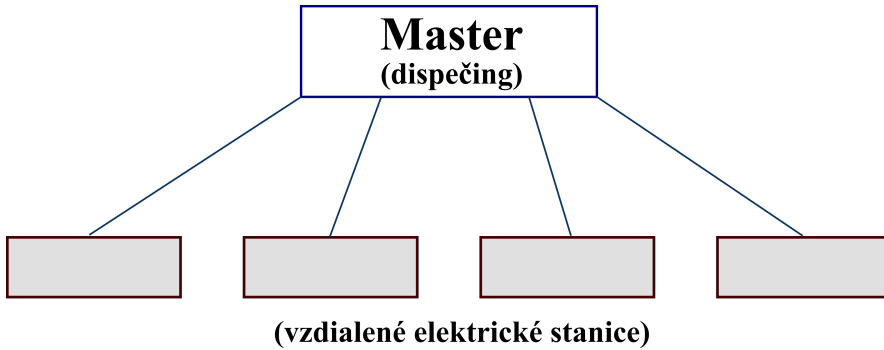
V súčasnosti sa najviac využívajú nasledovné topológie dátových sietí [26]:

- hviezda,
- kruh,
- zbernica.

8.2.1 Hviezda

Topológia typu *hviezda* predstavuje topológiu prepojenia dátovej siete, v ktorej všetky dáta pretekajú jedným centrálnym bodom (Master), ktorý riadi komunikáciu v sieti (obr. 8.14). Medzi výhody tejto topológie patria ľahká údržba, ľahká identifikácia chýb, ľahké dopĺňanie a odoberanie komunikačných uzlov siete a ľahké monitorovanie prevádzky.

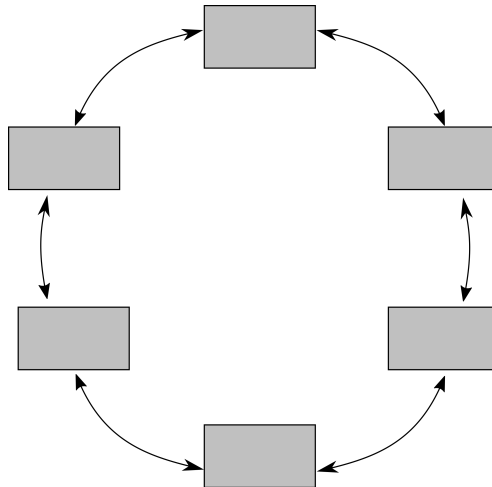
Tie sú však vyvážené určitými nevýhodami, medzi ktoré patria závislosťou celej komunikácie na Mastrovi, nutnosť redundancie prvkov pre zabezpečenie spoľahlivosti komunikácie a nemžnosť priamej komunikácie medzi dvoma uzlami siete (len cez Mastra).



Obr. 8.14. Usporiadanie dátovej siete typu hviezda

8.2.2 Kruh

Topológia typu *kruh* predstavuje topológiu prepojenia dátovej siete, v ktorej sú jednotlivé komunikačné uzly navzájom prepojené ako na obr. 8.15. Medzi výhody tejto topológie patria podpora priamej komunikácie uzol-uzol, zosilňovanie signálu každým uzlom siete a ľahká identifikácia neprijatia signálu prijímačom (signál sa vráti do vysielateľa) [26].



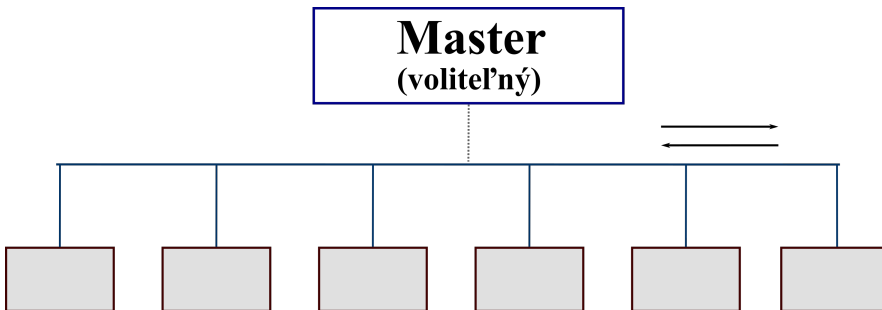
Obr. 8.15. Usporiadanie dátovej siete typu kruh

8.2. Topológie dátových sietí

Medzi nevýhody patria ťažšia detekcia a lokalizácia porúch prenosu, problematickejšie pridávanie a odoberanie uzlov siete (treba dočasne sieť rozpojiť) a zložitejšia konfigurácia na naprogramovanie systému. Častým riešením pre zvýšenie spoľahlivosti prenosu a uľahčenie administrácie siete je zavedenie ďalšieho paralelného prepojenia typu kruh medzi komunikačnými uzlami (vonkajší a vnútorný kruh). To umožňuje v prípade poruchy siete medzi dvoma uzlami programovo prepojiť vonkajší a vnútorný kruh a tak zabezpečiť pokračovanie komunikácie až do odstránenia poruchy (resp. aj pri pripájaní a odpájaní uzlov siete).

8.2.3 Zbernica

Topológia typu *zbernica* predstavuje v súčasnosti najviac používanú topológiu zapojenia dátových sietí (8.16). Presadila sa kvôli tomu, že nie je závislá na jednom centrálnom komunikačnom uzle, zlyhanie žiadenho komunikačného uzla neovplyvní činnosť zbernice, poskytuje vysokú flexibilitu v konfigurácií (pripájanie a odpájanie komunikačných uzlov) a umožňuje priamu komunikáciu uzol - uzol [26].



Obr. 8.16. Usporiadanie dátovej siete typu zbernica

Uvedené prednosti sú však vyvážené určitými nevýhodami, medzi ktoré patria väčšie ohrozenie bezpečnosti komunikácie (posielaných správ), nakoľko každý uzol "vidí" všetko, čo sa na zbernici posielalo, problematickejšie hľadania a

odstaňovanie chýb (môžu byť hocikde na zbernici) a skutočnosť, že pri veľkom dátovom prenose môže byť pre uzly problematické vytvoriť si prístup na zbernicu a vykonať prenos.

8.3 Komunikačné techniky v dátových sieťach

Použitá topológia dátovej siete ovplyvňuje, aké komunikačné techniky je možné pre riadenie prenosú dát v danej dátovej sieti požiť. Medzi základné *komunikačné techniky* patria *Master - Slave* komunikácia a komunikácia typu *Peer-to-Peer* (rovný s rovným).

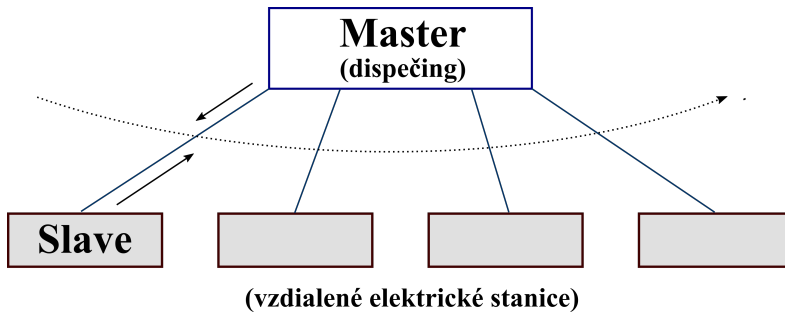
8.3.1 Komunikácia typu Master - Slave

Komunikácia typu Master - Slave je centrálné riadená komunikácia jedným hlavným uzlom (Mastrom), pričom ostatné uzly (Slave) komunikujú len vtedy, keď im to Master dovoľí. Jedná sa o najjednoduchšiu, ale najmenej flexibilnú komunikačnú techniku. Umožňuje však dobré využitie prenosového pásma, no za cenu pomalej rýchlosti komunikácie. Ľahko sa pri nej identifikujú a hľadajú chyby v komunikácií. Preto má široké použitie pre ľubovoľnú topológiu dátových sietí [26].

8.3.2 Komunikácia typu Peer-to-Peer

Pri tomto type komunikácie môžu všetky uzly (zariadenia) komunikovať s ľubovoľným iným uzlom (zariadením) v sieti. Master nie je prítomný, no niekedy treba zvoliť jeden uzol pre administráciu komunikácie. Táto komunikačná technika potrebuje zložitejší protokol. Principiálne ju nemožno využiť pri dátových sieťach s topológiou typu hviezda. Jej nespornou výhodou však je, že komunikácia zostáva zachovaná aj pri zlyhaní nadradeného komunikačného systému [26].

8.4. Riadenie prístupu k prenosovým médiám



Obr. 8.17. Konvenčné dopytovanie - polling

8.4 Riadenie prístupu k prenosovým médiám

Aby bola zabezpečená možnosť komunikovať pre všetky uzly dátovej siete, je potrebné umožniť jednotlivým uzlom dátovej siete posilať dáta. To znamená, že musia byť definované pravidlá pre komunikáciu, ktoré určujú, ako sa jednotlivé uzly siete dostanú k prístupu pre komunikáciu pomocou prenosového média.

8.4.1 Konvenčné dopytovanie - polling

Konvenčné dopytovanie alias *polling*, je svojím charakterom vhodný pre ľubovoľnú topológiu dátovej siete. Je to zároveň najčastejšie používaný spôsob pre výmenu dát medzi dispečingom (Master) a elektrickými stanicami (Slave). Princíp riadenia komunikácie je vyobrazený na obr. 8.17.

Dochádza pri ňom ku posielaniu prenosového súboru elektrickej stanice na dispečing a opačným smerom k prenosu povelov z dispečingu na jednotlivé prvky a zariadenia elektrickej stanice.

Keďže sa jedná o typickú Master - Slave komunikáciu, prajavujú sa pri ňom všetky výhody aj nevýhody tejto komunikačnej techniky. Najväčšími nedostatkami je neefektívne využívanie prenosovej šírky pásma prenosových médií, ak sa prenáša medzi stanicami a dispečingom malé množstvo dát. Ďalšou nevýho-

dou je nemožnosť priamej komunikácie medzi dvoma elektrickými stanicami, čo môže spôsobovať problémy pri zabezpečení funkcionality blokovania spriahnutých ochrán vedení umiestnených v rôznych elektrických stanicach [26].

V neposlednom rade neumožňuje konvenčné dopytovanie zohľadniť aktuálnu potrebu elektrickej stanice komunikovať s dispečingom v prípade vzniku poruchy, pretože smer dopytovania je ustálený a nemení sa. Tento problém sa často rieši zavedením ďalšieho (doplnkového) dopytovania, ktorého smer je opačný k dopytovaniu hlavnému. Označuje sa pojmom *biderictional polling*.

8.4.2 Frekvenčne delený multiplex

Pri *frekvenčne delenom multiplexe* (FDM) je prenosová šírka rozdelená na subpásma (frekvencie), ktoré sú od seba oddelené oddeľovacími pásmami. Jednotlivým účastníkom komunikácie sú potom pridelené vybrané subpásma. Účastníci komunikácie tak môžu komunikovať naraz, pretože sú pri komunikácii frekvenčne oddelení. Počet účastníkov komunikácie (uzlov) tak závisí len od dostupnej šírky frekvenčného pásma použitého prenosového média [26].

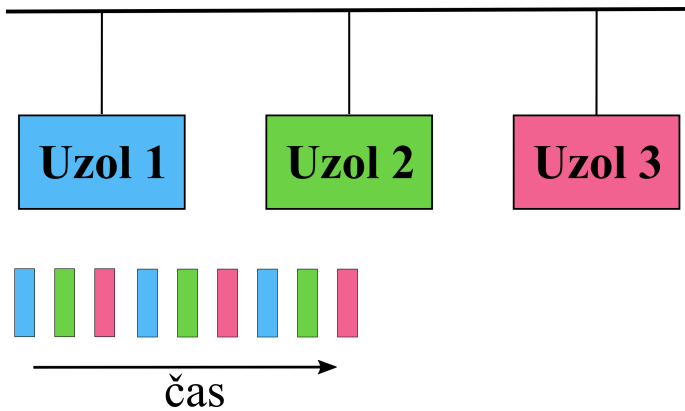
8.4.3 Časovo delený multiplex

Pri *časovo delenom multiplexe* (TDM) je každému uzlu dátovej siete (napr. elektrickej stanici) pridelený časový slot, kedy môže vysielat' a prijímat' dáta (obr. 8.18).

Dĺžka prideleného časového slotu pre komunikáciu je fixná. To umožňuje odhadnúť potrebnú časovú odozvu pre komunikáciu a tak predchádzať kolíziám. K tomu je však potrebný jeden uzol v pozícii administrátora, ktorý dohliada na pravidlá komunikácie. Je vhodný pre kruhovú alebo zbernicovú topológiu.

Časovo delený multiplex je vhodný pre veľké prenosy dát s konštantným dátovým tokom (pre málo zaťažené systémy je neefektívny) a umožňuje tiež Peer-to-Peer komunikáciu, ktorá je však pomalá, pretože uzly musia čakať na pri-

8.4. Riadenie prístupu k prenosovým médiám



Obr. 8.18. Časovo delený multiplex

delený časový slot.

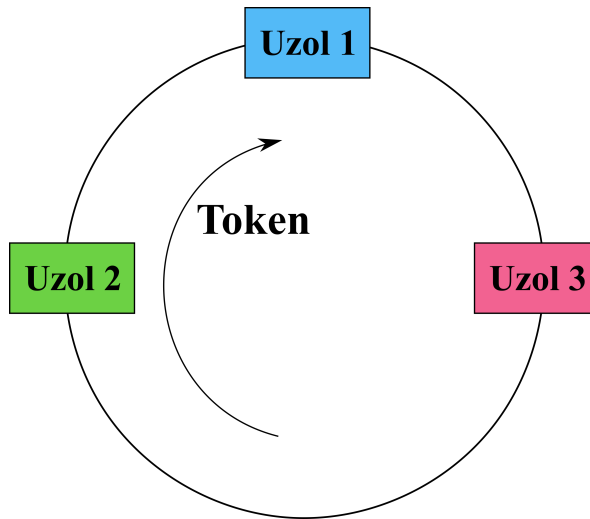
8.4.4 Predávanie si Tokenu

Pri tomto riadení prístupu putuje *Token* (značka) po sieti a preeto sa tento spôsob prístupu označuje pojmom *Token Ring* (obr. 8.19 na str. 148). Ak chce uzol komunikovať, vezme si Token, ktorý po skončení svojej komunikácie uvoľní opäť do siete, kde si ho môže odchytiť ďalší uzol. Tým sa predchádza kolíziám dát a je možná Peer-to-Peer komunikácia uzlov siete. Tento spôsob riadenie prístupu je však vhodnejší pre ľahšie zafaržené systémy, pretože sú pri nej prítomné nepotrebné čakacie doby na Token.

Svojím princípom je riadenie prístupu pomocou predávania si Tokenu vhodné najmä pre topológiu dátovej siete typu kruh [26].

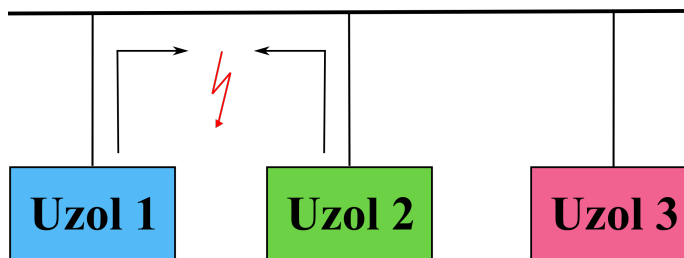
8.4.5 CSMA/CD

Skratka CSMA/CD reprezentuje riadenie prístupu, ktoré sa používa hlavne pre zbernicové topológie dátovej siete a v angličtine má význam *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*. Princíp tohto prístupu spočíva v tom,



Obr. 8.19. Predávanie si tokenu - Token Ring

že každý uzol načúva zbernici a ak je zbernica nečinná, resp. nie je plne zaťažená, tak uzol začne vysielat' dáta (obr.). Pri kolízii na zbernici je prenos všetkých dát prerušený a po náhodnom čase sa uzly pokúšajú o prenos znovu [26].



Obr. 8.20. Princíp prístupu CSMA/CD

Medzi hlavné výhody prístupu CSMA/CD patrí maximálne využitie šírky prenosového pásma, veľká variabilita v konfigurácii, možnosť Peer-to-Peer komunikácie a nepotrebnosť centrálného riadenia.

Medzi nevýhody patrí ťažké hľadanie chýb a veľmi zložitá konfigurácia

8.5. Vytváranie prenosovej cesty

siete. Keďže uzly musia byť schopné reagovať na vznikajúce kolízie dát detekovaním porúch a obnovovaním vysielania, je tento prístup vhodný pre ľahko zaťažené komunikačné systémy [26].

8.5 Vytváranie prenosovej cesty

Pri prenose dát v rámci riadenia elektrizačnej sústavy sa realizujú dva scenáre.

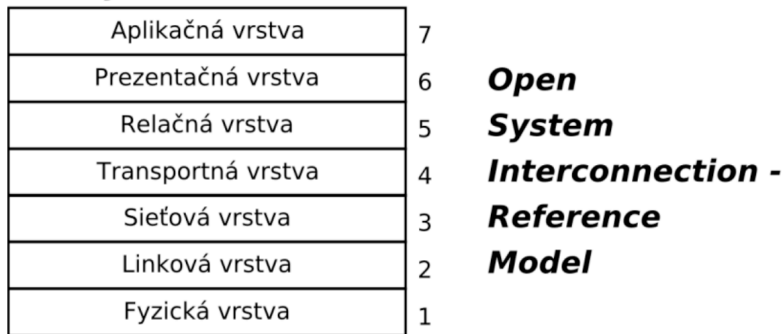
Prvým je *trvalý prenos údajov*, ktorý sa využíva hlavne pri prenose dát medzi dispečingom a elektrickými stanicami cez pevné komunikačné siete. Množstvo prenášaných dát je limitované len prenosovou kapacitou použitého prenosového média. Keďže sa v tomto prípade platí za poskytnutie kapacity prenosového kanála, je snaha o maximálne využitie prenosovej kapacity a maximalizáciu objemu prenášaných dát.

Druhým scenárom je *dávkový prenos údajov*, ktorý sa využíva hlavne pri prenose dát medzi dispečingom a prvkami umiestnenými vo vn vedeniach prostredníctvom rádiových komunikačných sietí (hlavne GPRS). Množstvo prenášaných dát je limitované veľkosťou platby za objem prenesených dát, a preto sa táto komunikácia využíva len pri poruche alebo len raz za definovaný čas, pričom je snaha o minimalizáciu objemu prenášaných dát.

8.6 Komunikačné protokoly

Aby si dve komunikačné zariadenie od dvoch rozdielnych výrobcov "rozumeli" počas vzájomnej komunikácie, musí sa ich vzájomná komunikácia riadiť určitým predpisom - *komunikačným protokolom*, ktorý majú obe zariadenia v sebe implementovaný.

Súčasný komunikačný protokol vychádza z medzinárodne platného štandardu, ktorý sa nazýva *referenčný model OSI/ISO*. Referenčný model má de-



Obr. 8.21. Referenčný model OSI/ISO

finovaných 7 vrstiev (obr. 8.21 na str. 150). Keďže tento referenčný model vznikol ako harmonizačná reakcia na už existujúce protokoly od rôznych výrobcov, nemusia obsahovať niektoré stále používané protokoly všetky vrstvy.

Aplikačná vrstva (7) poskytuje pri komunikácii koncovým aplikačným procesom podporné funkcie. Člení sa na špecifické aplikačné služby, ktoré sú viazané na určitý okruh aplikácií (prenos súborov, elektronická pošta, ...) a na podporné aplikačné služby pre aplikácie rôzneho charakteru (napr. obstarávanie transakcií). Príkladom protokolu je *FTP*.

Prezentačná vrstva (6) určuje a upravuje tvar dát, v akom sú prezentované užívateľovi a v akom sú prenášané sieťou (formalizácia údajových štruktúr, šifrovanie, komprimácia dát, ...). Príkladom protokolu je *ASCII*.

Relačná vrstva (5) vytvára relácie (časové intervaly), v ktorých prebieha vlastná komunikácia medzi aplikačnými procesmi. Riadi synchronizáciu prenosu a prideluje poverenie k prenosu. Zároveň vytvára kontrolné body, z ktorých pokračuje v prenose po poruche. Príkladom protokolov sú *IEC 8326* a *IEC 8327*.

Transportná vrstva (4) je posledná vrstva, ktorá rieši komunikáciu koncových prvkov systému. Prijaté dáta z relačnej vrstvy rozkladá na pakety a odovzdáva ich sieťovej vrstve. Zároveň zabezpečuje, aby sa všetky časti správy

8.6. Komunikačné protokoly

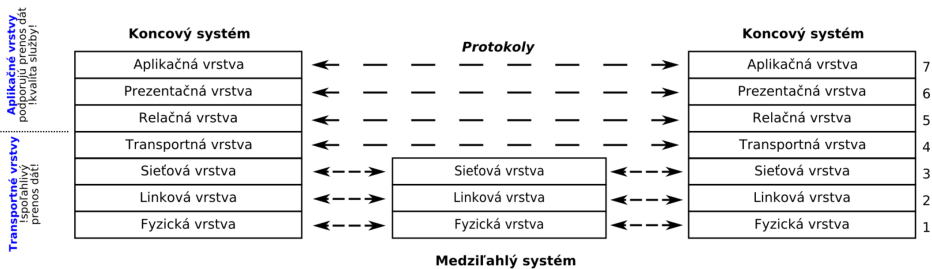
dostali k príjemcovi v správnom poradí. Vytvára sieťové spojenia (multiplexuje, demultiplexuje dáta), zostavuje alebo ruší niekoľko spojení súčasne. Príkladom protokolu je *TCP protokol* z protokolu TCP/IP.

Sieťová vrstva (3) zabezpečuje adresovanie a smerovanie dát (paketov) v sieti od zdroja k cieľu cez niekoľko medziľahlých zariadení. Príkladom protokolov sú *X-25* a *IP protokol* z protokolu TCP/IP.

Linková vrstva (2) zabezpečuje spoľahlivé spojenie medzi komunikujúcimi prvkami, formátuje prenášané údaje do prenosových rámcov (prikladá info o adrese a zabezpečení voči chybám) a riadi tok na linke (obsluhuje chybovosť, čísluje rámce, opakuje prenos poškodených rámcov). Príkladom protokolov sú *Ethernet*, *IEC 870-5* a *Token Ring*.

Fyzická vrstva (1) umožňuje prenos jednotlivých bitov komunikačným kanálom, synchronizuje vysieláč a prijímač, definuje signály pre logickú 0 a logickú 1 pre konkrétne médiá, predpisuje požadované vlastnosti prenosového média, definuje mechanické a elektrické vlastností rozhraní. Príkladom protokolu je *RS-232*.

Pri realizácii komunikácie sa nemusia zapojiť všetky vrstvy. V medziľahlých uzloch (smerovačoch, prepínačoch) stačia len tri spodné vrstvy, ako je to zobrazené na obr. 8.22.



Obr. 8.22. Využitie vrstiev modelu OSI/ISO v medziľahlých uzloch

Význam jednotlivých vrstiev pre prenos informácie v rámci riadenia elektrizačnej sústavy je možné ukázať na príklade prenosu informácie o meranom

napätí v uzle sústavy:

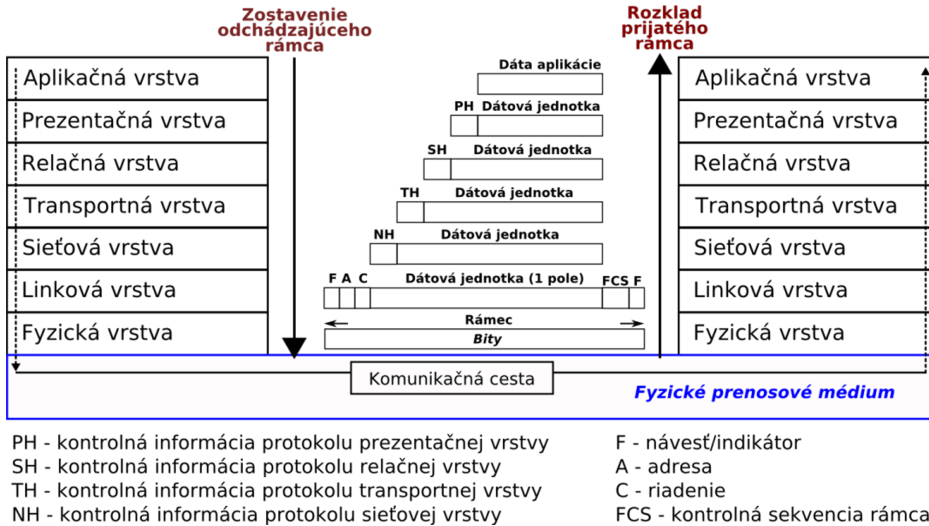
- aplikačná vrstva - doplní význam surovým dátam tým, že prenášaným hodnotám priradí informáciu o tom, že tie hodnoty reprezentujú napätie, aké je to napätie (fázové, združené) a akú majú jednotku (V, kV, mV).
- prezentačná vrstva - prekóduje túto informáciu do potrebného formátu, napr. ASCII kódu, ktorému rozumie informačný systém (počítač),
- relačná vrstva - inicializuje prenos tejto informácie (dát) komunikačnou sieťou,
- transportná vrstva – riadi prenos dát sieťou, zabezpečí spoľahlivosť informácie a bezpečnosť prenosu,
- sieťová vrstva – pridá informáciu o adrese príjemcu informácie a z toho vyplývajúceho smerovania v sieti,
- linková vrstva – zabezpečí synchronizáciu a kontrolu chybovosti bitov,
- fyzická vrstva – skonvertuje rámec do formy prenositeľnej konkrétnym médium (pulzy, ...).

Postupne, ako sa dáta predávajú z aplikačnej až do fyzickej vrstvy, dochádza k tomu, že na každej vrstve sa ku užitočným dátam prikladajú dáta servisné (kontrolné), ako je to vidieť na obr. 8.23 na str. 153. Servisné dáta tvoria hlavičky rámcov jednotlivých vrstiev, ktoré komunikačnému zariadeniu hovoria, čo sa má s daným rámcem (jeho časťou) v rámci protokolu robiť a zároveň umožňujú kontrolu integrity dát pred začatím prenosu, počas prenosu a po jeho skončení.

8.7 Protokol IEC 60870-5-101

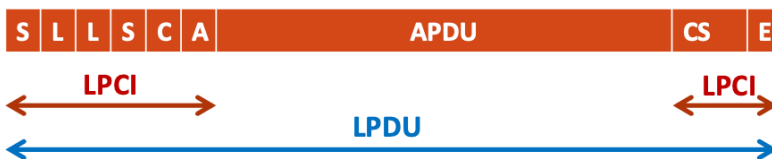
Komunikačný protokol *IEC 60870-5-101*, ktorý sa používa pre komunikáciu medzi dispečingom a elektrickými stanicami, využíva len fyzickú (1), linkovú

8.7. Protokol IEC 60870-5-101



Obr. 8.23. Nárast množstva dát pri prechode vrstvami protokolu

(2) a aplikačnú (7) vrstvu modelu OSI. Na reprezentáciu dát používa 8 údajových bitov z dátového rámca, ktorého štruktúra je uvedená na obr. 8.24 (str. 153). Symbol S predstavuje štartovací znak, L je znak dĺžky, C je kontrolný znak linkovej vrstvy, A je adresa, APDU sú užitočné dáta z aplikačnej vrstvy, CS je kontrolný znak dĺžky dát a E je ukončovací znak.



Obr. 8.24. Dátový rámec protokolu IEC 60870-5-101

Linková vrstva ku dátam z aplikačnej vrstvy (APDU – Application Protocol Data Unit) pridáva riadiacu informáciu linkovej vrstvy (LPCI – Link Protocol Control Information), čím vzniká dátová jednotka linkovej vrstvy (LPDU – Link Protocol Data Unit), ktorá ma vysoký stupeň integrity dát umožňujúci

ľahkú identifikáciu chybovosti dát.

Protokol IEC 60870-5-101 sa používa pre topológiu dátových sietí typu hviezda, kde sa uplatňuje pri cyklickom konvenčnom dopytovaní, pri ktorom sa využíva Master - Slave komunikácia s plným duplexom. Okrem toho je možné ho použiť aj pre zbernicové topológie dátových sietí.

Pomocou protokolu IEC 60870-5-101 je možné dosiahnuť prenosovú rýchlosť až 19,2 kbps [26].

8.8 Protokol IEC 60870-5-103

Komunikačný protokol *IEC 60870-5-103*, ktorý sa používa ako komunikačný protokol elektrických ochrán, využíva len fyzickú (1), linkovú (2) a aplikačnú (7) vrstvu modelu OSI.

Protokol je taktiež použiteľný pre Master - Slave komunikáciu v rámci cyklického konvenčného dopytovania. Využíva sa v dvoch konfiguráciách. Cez elektrické rozhranie RS-485 pre rýchlosti prenosu 9,6 kbps, alebo v optických vláknach, kde umožňuje rýchlosť prenosu 12,9 kbps.

8.9 IEC 61850

V súčasnosti najviac používaný protokol, ktorý svojím zameraním pokračuje poslanie komunikačného protokolu, pretože je ponímaný skôr ako koncept pre novú definíciu dátového obrazu elektrických staníc a výrobní elektrickej energie.

Očakáva sa od neho, že umožní do riadenia elektrizačnej sústavy zaviesť koncept inteligentných sietí v celej jeho plánovanej šírke.

Krátky prehľad iných protokolov používaných v elektroenergetike (ale aj v priemysle) je uvedený v tauľke 8.1. Pri každom protokole je uvedená pre-

8.9. IEC 61850

Tab. 8.1. Protokoly používané v elektroenergetike

Protokol	Prenosová rýchlosť	Riadenie prístupu	Vrstvy OSI-RF
MODBUS	19,2 kbps	polling	1, 2, 7
SPABUS	19,2 kbps	polling	1, 2, 7
DNP 3.0	19,2 kbps	polling	1, 2, 7
IEC 60870-5	19,2 kbps	polling	1, 2, 7
MODBUS+	19,2 kbps	Token Ring	1, 2, 7
PROFIBUS	12 Mbps	Token Ring	1, 2, 7
MVB	1,5 Mbps	TDM	1, 2, 7
FIP	2,5 Mbps	TDM	1, 2, 7
Ethernet + TCP/IP	1 Gbps	CSMA/CD	1 - 7
LON	1,25 Mbps	CSMA/CD	1 - 7
UCA 2.0	10 Mbps	CSMA/CD	1 - 7

nosová rýchlosť, spôsob riadenia prístupu k prenosovému médiu a využívané vrstvy referenčného modelu OSI.

Kapitola 9

Aplikácia informačných systémov v riadení elektrizačnej sústavy

V súčasnosti sa informačné systémy uplatňujú na všetkých úrovniach riadenia a prevádzky elektrizačnej sústavy. Ako už bolo uvedené v kapitole 1, je možné tieto informačné systémy rozdeliť na dve skupiny.

V prvej skupine sú systémy, ktoré podporujú operatívne riadenie elektrizačnej sústavy. V druhej skupine sú tie, ktoré podporujú prípravu a hodnotenie prevádzky elektrizačnej sústavy. Hranica medzi týmito dvoma skupinami je veľmi tenká, pretože v dnešnej dobe sa kladie veľký dôraz na vzájomné prepojenie, systémovú integráciu a komplexné využívanie oboch skupín informačných systémov pri riadení a prevádzke elektrizačnej sústavy (ES).

9.1 Automatizovaný systém dispečerského riadenia

Automatizovaný systém dispečerského riadenia (ASDR) je súhrn technických a programových prostriedkov, pomocou ktorých sa realizuje operatívne riadenie elektrizačnej sústavy na všetkých úrovniach dispečerského riadenia. Úlohou ASDR je pretransformovať signály získané z ES do formy spracovateľnej výpočtovou technikou, preniesť získané údaje do riadiaceho centra, vhodne ich spracovať a prezentovať ich dispečerom. Na základe takto získaných informácií sa vykonávajú riadiace zásahy do ES, ktoré sú v niektorých prípadoch spätne prenášané ASDR priamo do riadenej technológie.

9.1.1 Štruktúra ASDR

Štruktúra ASDR kopíruje hierarchické usporiadanie dispečerského riadenia. Údaje získavané z jednotlivých častí elektrizačnej sústavy (elektrické stanice, vedenia, výrobné elektrickej energie, odberatelia) sú prenášané na príslušné dispečingy, kde sú spracovávané a využívané vo všetkých oblastiach dispečerského riadenia.

Riadiaci a informačný systém elektrickej stanice

Keďže prevažná väčšina činností spojených s riadením a prevádzkou elektrizačnej sústavy sa vykonáva v elektrických staniaciach, najnižšiu úroveň štruktúry ASDR reprezentujú riadiace a informačné systémy (RIS) elektrických staníc. Musia spĺňať komplexné požiadavky miestneho informačného, ovládacieho a riadiaceho systému pre elektrickú stanicu, ako aj požiadavky kladené zo strany riadiacích a informačných systémov nadradených dispečingov (informačné toky, povelovanie, ovládanie) [3].

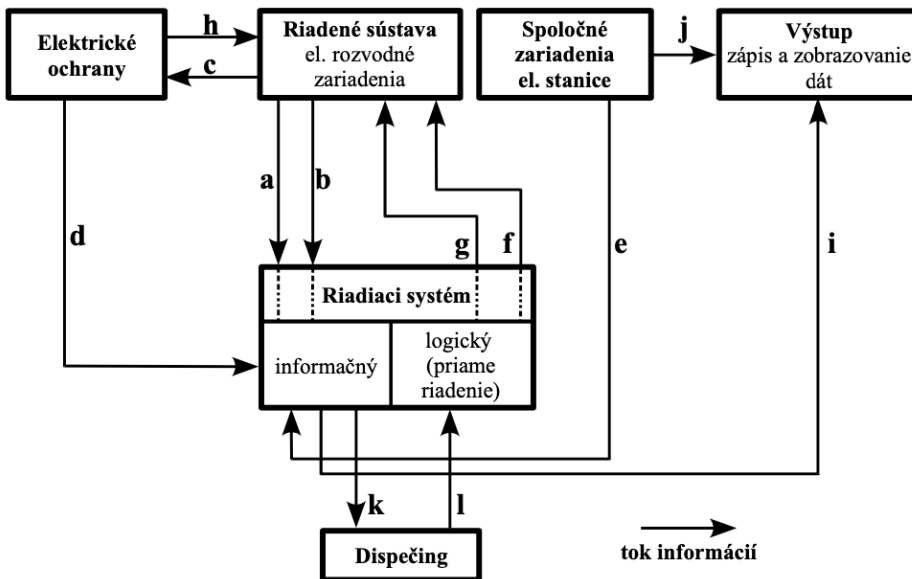
RIS elektrickej stanice má dve navzájom spolupracujúce časti [27]:

- *informačný systém* - zabezpečuje zber, spracovanie, odovzdávanie a zobrazovanie údajov,

9.1. Automatizovaný systém dispečerského riadenia

- *riadiaci systém* - zabezpečuje regulačné a riadiace procesy.

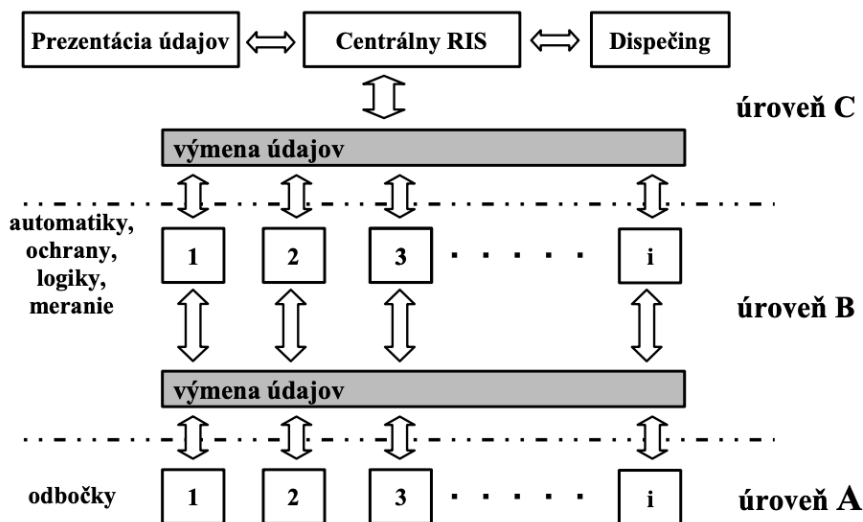
Na obrázku 9.1 [27] je znázornené prepojenie RIS so zariadeniami elektrickej stanice, kde predstavuje: **a** – merané analógové veličiny, **b** – veličiny stavovej signalizácie, **c** – merané veličiny pre ochrany, **d** – signály pôsobenia ochrán, **e** – meranie a mimoriadne stavy spoločných zariadení, **f** – akčné veličiny pre spínanie, **g** – akčné veličiny pre reguláciu, **h** – akčné veličiny vypnutia vypínača pri poruche, **i** – spracované informácie pre zobrazovanie a zápis, **j** – dôležité veličiny spoločných zariadení, **k** – spracované informácie pre dispečing a **l** – príkazy k vykonaniu manipulácií a regulácií.



Obr. 9.1. Bloková schéma riadenia elektrickej stanice

Riadiaci a informačný systém elektrickej stanice je možné hierarchicky rozdeliť na tri hierarchické úrovne (obr. 3.2) [27]:

- *úroveň základných zariadení elektrickej stanice* (úroveň A), v ktorej sa realizuje zber údajov, ovládanie spínačov a regulácia u rozvodných zaria-



Obr. 9.2. Hierarchia riadiaceho a informačného systému elektrickej stanice

dení, transformátorov, kompenzátorov, kondenzátorov a tlmiviek, ktoré sú zvyčajne rozdelené do funkčných celkov – odbočiek, ktoré majú zrovnateľný (často rovnaký) charakter,

- **úroveň riadenia odbočiek (úroveň B)**, v ktorej sa uskutočňuje zber údajov (stavová signalizácia, meranie analógových veličín a ich prevod na digitálnu formu) a zaistenie ochranných funkcií jednotlivých odbočiek (blokovanie vypínačov, činnosť ochrán) v rozsahu prvkov a informácií dostupných v rámci jednotlivých odbočiek,
- **úroveň centrálného riadiaceho systému (úroveň C)**, ktorá sústreďuje údaje z úrovne B, zaisťuje funkcie zahrňujúce činnosť vo viacerých odbočkách (automatiky zások, paralelné vypínanie transformátorov, blokovanie prístrojov s ohľadom na stav spínača prípojnic, ovládanie prípojnicových odpájačov podľa požiadaviek celkovej konfigurácie, ochrana prípojnic, záložná ochrana), ďalej zabezpečuje komunikáciu medzi elektrickou stanicou a dispečingom pri prenose údajov a diaľkovom ovládaní a v prípade

9.1. *Automatizovaný systém dispečerského riadenia*

mediaľkovo riadených elektrických staníc taktiež slúži na spracovanie a prezentáciu údajov popisujúcich prevádzku elektrickej stanice manipulantom.

Výmena údajov v rámci riadiaceho a informačného systému elektrickej stanice prebieha nielen medzi jednotlivými hierarchickými úrovňami (vertikálna komunikácia), ale aj medzi zariadeniami v rámci jednej hierarchickej úrovne (horizontálna komunikácia). V súčasnosti sa používajú dva koncepty pre komunikáciu zariadení v rámci RIS elektrickej stanice.

Prvý koncept využíva Master – Slave komunikáciu, kedy sú jednotlivé terminály ochrán prepojené komunikačnou zbernicou, na ktorú je taktiež pripojené telemechanické zariadenie, ktoré údaje z terminálov ochrán odovzdáva komunikačnému počítaču. Ten ich buď prezentuje obsluhu alebo posiela na dispečing, resp. povely z dispečingu posiela cez telemechanické zariadenie do jednotlivých terminálov ochrán. Ak sa má uskutočniť výmena údajov medzi dvoma terminálmi ochrán, nie je možné uskutočniť takýto dátový prenos bez účasti RIS. Pri takto zvolenej koncepcii sa využívajú komunikačné protokoly SPABUS, IEC-60870-5-103 a DNP.

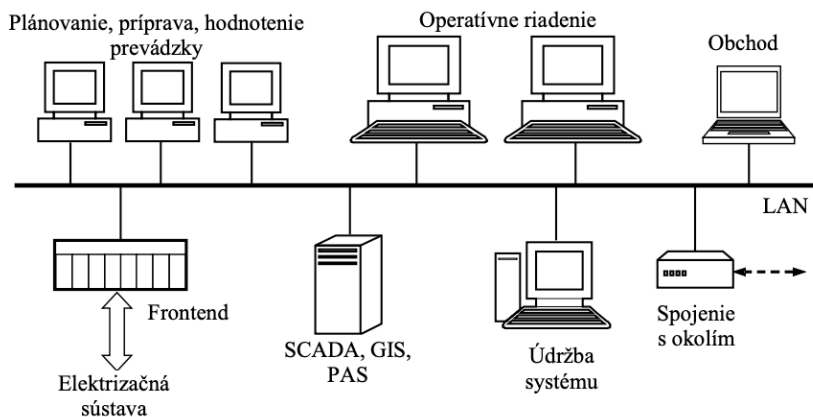
Druhý koncept výmeny dát je založený na komunikácií Peer-To-Peer, kedy každé zariadenie môže komunikovať s každým iným zariadením pripojeným do komunikačnej siete. Terminály ochrán sú pripojené ku komunikačným prepínačom, ktoré sú navzájom prepojené, čím vytvárajú procesnú LAN sieť. Tá je prostredníctvom komunikačnej brány prepojená s komunikačným počítačom vykonávajúcim rovnaké funkcie ako v prvom koncepte. Princíp tohto usporiadania spočíva v tom, že dva terminály ochrán si môžu posielať dáta bez účasti riadiaceho a informačného systému. Výhodou je, že ak aj dôjde k výpadku RIS na úrovni C, stále prebieha komunikácia medzi jednotlivými terminálmi ochrán v rámci úrovne B, čím zostanú zachované základné ochranné funkcie. Terminály ochrán sú taktiež prepojené s telemechanickým zariadením, ktoré však

pracuje nezávisle od komunikačného počítača, čo umožňuje v prípade poruchy komunikačného počítača identifikovať prevádzkový stav jednotlivých terminálov ochrán. Pri tomto koncepte sa využívajú komunikačné protokoly LONBUS a IEC-61850.

Treba však pripomenúť, že v elektrizačnej sústave sú ešte stále v prevádzke staré elektrické stanice, kde sú namontované elektromechanické ochrany a zber dát sa uskutočňuje cez kontakty relé. Tejto skutočnosti sa musí prispôbiť prenos a spracovanie údajov v rámci elektrickej stanice, čo výrazným spôsobom ovplyvňuje činnosť a funkcie riadiaceho a informačného systému elektrickej stanice.

Riadiaci a informačný systém dispečingu

Riadenie elektrizačnej sústavy sa uskutočňuje v riadiacich centrách – dispečingoch. Aj keď je technické vybavenie dispečingov na rôznych úrovniach dispečerského riadenia veľmi podobné, ich usporiadanie odráža úlohy, ktoré plní príslušný dispečing v hierarchii dispečerského riadenia. Zjednodušená štruktúra usporiadania riadiaceho a informačného systému dispečingu je na obr. 9.3.



Obr. 9.3. Zjednodušená štruktúra riadiaceho a informačného systému dispečingu

Komunikáciu s jednotlivými časťami elektrizačnej sústavy zabezpečuje po-

9.1. Automatizovaný systém dispečerského riadenia

čítač Frontend. Musí umožňovať pripojenie pre všetky systémy zberu informácií zo sústavy. Prebieha v ňom predspracovanie prijatých údajov, ktoré sú následne odovzdávané do jednotlivých podsystémov riadiaceho a informačného systému, kde sa vykonáva ich hlavné spracovanie.

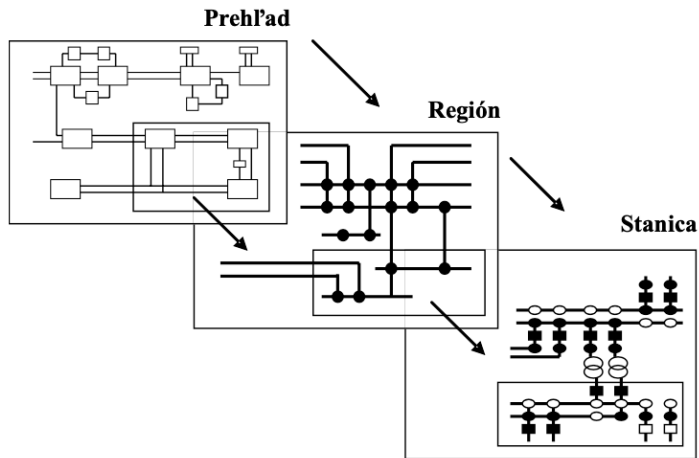
Spracované dáta sú prostredníctvom rozhrania človek – stroj (HMI – Human Machine Interface) prezentované jednotlivým úsekom dispečerského riadenia. Úlohou HMI je uľahčiť výmenu informácií medzi človekom a riadeným objektom [28]. Údaje o sústave sú prezentované vo forme obrázkov, protokolov, tabuliek alebo kriviek usporiadaných do prehľadných schém alebo geografických máp.



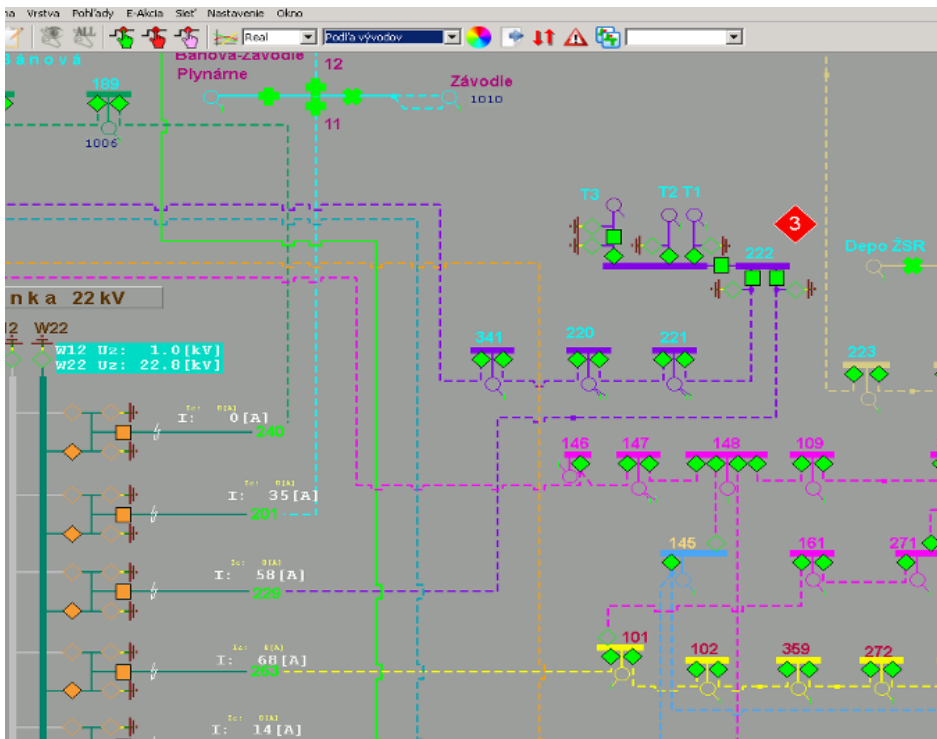
Obr. 9.4. Prezentácia HMI pomocou viacerých obrazoviek [29]

Na zvýšenie prehľadnosti prezentovaných údajov sa využíva Multiscreen (niekoľko paralelných obrazoviek - obr. 9.4) a Multiwindow technika (niekoľko okien v obrázku), ktoré sú navyše podporované funkciami posúvania, zmenou detailu zobrazenia (obr. 9.5 na str. 163) a možnosťou nastavenia vyvolania, resp. skrytia detailných informácií.

K nim sa pridávajú ďalšie funkcie zvyšujúce prehľad dispečerov o sústave



Obr. 9.5. Princíp zmeny detailu zobrazenia HMI



Obr. 9.6. Odlíšenie stavu prvkov v dispečerskej schéme pomocou HMI [29]

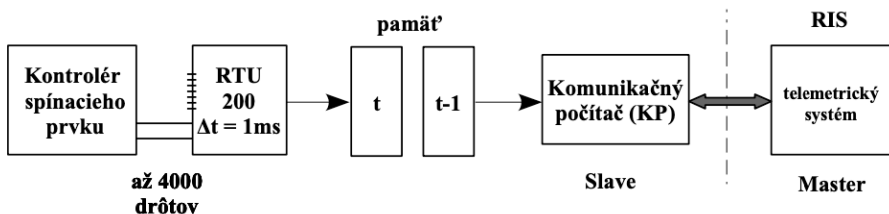
9.1. Automatizovaný systém dispečerského riadenia

a urýchľujúce ich rozhodovanie:

- identifikácia a farebné zobrazenie konfigurácie sústavy,
- identifikácia a farebné odlíšenie jednotlivých prvkov elektrických staníc podľa ich momentálneho stavu (obr. 9.6),
- lokalizácia zdrojov napájania jednotlivých zákazníkov,
- zobrazovanie dokumentov bližšie popisujúcich zvolený objekt a mnohé iné.

Telekomunikačné systémy pre prenos údajov

Dôležitou súčasťou ASDR sú systémy zabezpečujúce prenos údajov medzi riadenou technológiou sústredenou prevažne v elektrických staniaciach a riadiacimi centrami. V súčasnosti je pre prenos údajov používaný zmenový systém. Signály snímané z technologických zariadení v elektrickej stanici sú privedené na vstup do terminálu (napr. RTU 200), ktorý cyklicky sníma jednotlivé vstupy a získané údaje ukladá do pamäte, kde sa porovnávajú s hodnotami získanými počas predchádzajúceho cyklu. Pri zmene hodnoty signálu sa zmena pošle cez komunikačný počítač do RIS. Týmto spôsobom sa mení cyklicky získavaná informácia na zmenový prenos, čím sa výrazne znižuje množstvo prenášaných dát pri zachovaní úplného obrazu o situácii v riadenej technológii (obr. 9.7).



Obr. 9.7. Princíp prenosu signálu z elektrickej stanice do RIS

Pri komunikácii nadväzuje spojenie RIS dispečingu (Master). V prvom kroku sa uskutoční identifikácia medzi RIS dispečingu a RIS elektrickej sta-

nice (Slave), pri ktorej sa overuje o akú stanicu sa jedná. Po nej sa posiela celkový obraz riadenej technológie v elektrickej stanici. Následná komunikácia spočíva v opakovaní výzvy RIS dispečingu, či RIS stanica nemá k dispozícií údaje reprezentujúce zmeny, ktoré by mohli byť prenesené do RIS dispečingu (tzv. polling). Ak RIS stanica má k dispozícií takéto údaje, tak sú prenesené do RIS dispečingu. Ak ich nemá k dispozícií, tak pošle informáciu o tom, že žiadne údaje nie sú pre prenos dostupné. A to sa neustále opakuje. Ak RIS dispečingu nedostane na svoju výzvu odpoveď (min. 3x), tak sa automaticky zníži kvalitatívny parameter prijímaného signálu. Systém to zaznamená do stavovej vety signálu, čím sa následne zmení farba príslušných prvkov a hodnôt v riadiacom systéme, čo upozorní dispečera na vzniknutú situáciu.

K prostriedkom, ktoré sa využívajú pre prenos údajov v ASDR patria:

- optické a metalické káblové siete,
- analógové a digitálne telefónne ústredne,
- vysokofrekvenčné spoje,
- nízkofrekvenčné prenosové zariadenia,
- GSM a GPRS siete,
- rádiová sieť.

Pre prenos údajov v rámci ASDR sa v súčasnosti využívajú komunikačné protokoly IEC-60870-5-101, IEC-60870-5-104, IEC-61850 a TASE.2, pričom prenosová rýchlosť sa môže pohybovať v rozpätí 1200 až 9600 Baud.

Zabezpečenie automatizovaného systému dispečerského riadenia

Pri prevádzke systému ASDR sa kladie veľký dôraz na zachovanie jeho spoľahlivosti a bezpečnosti. Pre zaručenie spoľahlivosti sa zdvojujú dôležité časti riadiaceho systému (frontendy, komunikačné počítače, servery, pracovné stanice, LAN siete, disky počítačov, ...), pričom majú zabezpečené nepretr-

9.1. Automatizovaný systém dispečerského riadenia

žité napájanie. Pre prenos dát sa využívajú dve nezávislé prenosové cesty, ktoré sa pre zvýšenie elektromagnetickej odolnosti realizujú optickými káblami. Pri vzniku poruchy v jednej z nich sa automaticky začne pre komunikáciu využívať druhá prenosová cesta.

Pre zachovanie bezpečnosti je ASDR oddelené od verejných dátových sietí, aby nemohlo dôjsť k útoku na integritu ASDR. Všetka komunikácia so zákazníkmi, ale aj taká výmena údajov, ktorá nemusí prebiehať v reálnom čase sa uskutočňuje mimo systému ASDR. Každému používateľovi ASDR je pridelené prihlasovacie meno a heslo, ku ktorému sú priradené oprávnenia obmedzujúce možnosti konkrétneho používateľa zasahovať do systému. Dôraz sa kladie na bezpečnosť, spoľahlivosť, otvorenosť a podporu štandardov.

9.1.2 Funkcie ASDR

Funkcie ASDR sú podľa svojho zamerania zlučované do väčších podsystémov, pričom skladba funkcií v jednotlivých podsystémoch závisí od úrovne dispečerského riadenia. Medzi základné podsystémy patria:

- SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – slúži na získavanie, spracovanie, prezentáciu a archiváciu údajov z technologických zariadení a ich riadenie v reálnom čase. K spracovávaným údajom patria merania veličín (napätia prípojnic, prúdy vedení, činný a jalový výkon transformátorov,...), signalizácia stavov jednotlivých prvkov (ochrany, vypínače, regulátory,...), povely (na zmenu stavu spínacích prvkov, regulátorov,...) a diagnostika. Pri spracovávaní získaných údajov sa kladie dôraz na ich časové rozlíšenie. Na ňom založené protokolovanie a následná archivácia vzniknutých udalostí umožňuje ich lepšiu analýzu a využitie v ostatných podsystémoch,
- vyššie nastavbové funkcie - PAS (Power Application Software) - zohrávajú významnú úlohu pri zvyšovaní efektívnosti prevádzky elektrizačnej

sústavy. Dokážu vykonávať potrebné výpočty a simulácie, riešia zložité úlohy súvisiace s rekonfiguráciou a optimalizáciou sústavy (kontrola topológie sústavy, vyhľadávanie skratov a zemných spojení, návrh náhradného napájania pre obnovu prevádzky, odhad stavu sústavy – estimácia, výpočet chodu sústavy, krátkodobá predpoveď zaťaženia, automatická kontrolu napätia resp. jalového výkonu, ... [30]). Vychádzajúc z poznania aktuálneho stavu a podmienok, pomáhajú pri výbere vhodného zásahu a dokážu s určitou presnosťou odhadnúť následky. Aktivujú sa automaticky v určitých krátkych časových intervaloch, alebo na príkaz dispečera, alebo na základe varovných signálov prichádzajúcich zo sústavy,

- *výmena informácií* - prebieha v rámci spolupráce s okolitými elektrizačnými sústavami (merania a stavy prvkov z hraničných rozvodní a vedení), ale aj v rámci samotnej elektrizačnej sústavy medzi jednotlivými úrovňami dispečerského riadenia,
- *automatické riadenie výkonov generátorov* - AGC (Automated Generation Control) - umožňuje dodržiavať dohodnutú výkonovú bilanciu na vedeniach so zahraničím s možnosťou operatívnej korekcie plánu jej hodnoty, regulovať frekvenciu a činný výkon, dohliadať na celkovú produkciu elektrickej energie a monitorovať výkonovú rezervu generátorov, ekonomicky nasadzovať zdroje a sledovať výrobné náklady,
- *automatická regulácia napätia* - AVC (Automatic Voltage Control) - umožňuje dodržiavať požadovanú úroveň napätia vo vybraných bodoch elektrizačnej sústavy pomocou diaľkového ovládania spínania tlmiviek, posielaním požadovaných hodnôt napätia na terminály riadiace zmenu budenia generátorov v jednotlivých výrobných, posielaním požadovanej hodnoty napätia na regulátory napätia inštalované na transformátoroch.

9.2 Podporné systémy pre prípravu a hodnotenie prevádzky

Základnou črtou informačných systémov podporujúcich plánovanie a hodnotenie prevádzky elektrizačnej sústavy je to, že na rozdiel od ASDR nemusia pracovať v reálnom čase. Využívajú údaje uložené v archívoch databáz (napr. na diskových poliach), ktoré mohli byť získané z operatívneho riadenia, z fakturačných meraní či písomných podkladov. Rozsah, podoba a formát týchto údajov závisí od úrovne dispečerského riadenia a taktiež od použitej výpočtovej techniky. Medzi základné podsystémy patria:

- *geografický informačný systém* – GIS (Geographic Information System) – jeho úlohou je obsahovať a prehľadne prezentovať podrobné údaje o určitej časti elektrizačnej sústavy, ktoré sú využívané ako vstupné informácie pre iné funkcie. GIS v sebe obsahuje geografické dáta, technické informácie o používanej technológii, prehľadové schémy topológie jednotlivých častí ES, informácie o elektrických väzbách v rámci sústavy, údaje o spotrebiteľoch, atď.,
- *zákaznícky informačný systém* – CIS (Customer Information System) - zastrešuje v sebe funkcie slúžiace na zúčtovanie dodanej elektrickej energie jednotlivým odberateľom, čomu zodpovedá aj charakter ním používaných údajov. Jeho ďalšou úlohou je poskytovať odberateľom informácie o prevádzke elektrizačnej sústavy, či už prostredníctvom telefónnych centier alebo webových stránok,
- *systém pre obnovu dodávky elektrickej energie* – OMS (Outage Management System) - je systém na evidenciu a riadenie porúch a plánovaných odstávok v sústave. Zbiera údaje o poruchách a umožňuje ich analýzu (výpočet rôznych ukazovateľov o činnosti siete, záznamy o poruchovosti). Služí ako rozhranie medzi dispečermi a zákazníkmi volajúcimi do zákaz-

nického informačného centra,

- *výpočtový modul* - pri svojej činnosti využíva niektoré vyššie nadstavbové funkcie, pomocou ktorých sa vypočítava predpokladané zaťaženie sústavy pre plánované obdobie, výkon potrebný pre zabezpečenie chodu sústavy pri niektorých špecifických prevádzkových stavoch, plánovanie nákupu podporných služieb, určujú sa možnosti využitia prenosovej kapacity vedení pre obchodovanie s elektrickou energiou, simulujú sa rôzne nepriaznivé prevádzkové stavy a hľadajú sa ich najvhodnejšie riešenia, atď.,
- *údržba a rozvoj elektrizačnej sústavy* - v tomto podsysteme sú zlúčené funkcie umožňujúce sledovanie technického stavu technologických zariadení, plánovanie a riadenie ich preventívnej údržby a inovácie. Poskytuje dôležité informácie pre prípravu prevádzky,
- *ekonomicky orientované činnosti* - zahŕňa v sebe funkcie slúžiace na ekonomické hodnotenie prevádzky elektrizačnej sústavy a obchodovanie s elektrickou energiou.

9.3 Prenosový súbor elektrickej stanice

Jedným zo základných predpokladov pre aplikovanie ASDR na prevádzku a riadenie elektrickej stanice je existencia jej dátového obrazu. Dátový obraz elektrickej stanice predstavuje súbor všetkých údajov, ktoré je možné z danej elektrickej stanice získať.

Dátové obrazy jednotlivých elektrických staníc sa od seba líšia v závislosti od technologického vybavenia, stupňa automatizácie a nasadeného riadiaceho a informačného systému.

Na základe údajov uložených v dátovom obraze je možné vykonávať všetky funkcie ASDR. To umožňuje v prípade potreby riadiť celú elektrickú stanicu

9.3. Prenosový súbor elektrickej stanice

z pracoviska manipulanta, pretože dátový obraz je v štruktúre riadenia uložený na úrovni stanice.

Pre potreby diaľkového ovládania elektrických staníc je nutné prenášať určitú časť dátového obrazu. Súbor vybraných údajov, ktorý sa vo forme signálov prenáša z elektrickej stanice na nadradené dispečingy, sa nazýva prenosový súbor elektrickej stanice.

9.3.1 Obsah dátového obrazu elektrickej stanice

Dátový obraz elektrickej stanice predstavuje súbor všetkých signálov, ktoré je možné z danej elektrickej stanice získať. Obsahuje v sebe signály nesúce informáciu o:

- *stave silových zariadení,*
- *merania elektrických aj neelektrických veličín,*
- *stave a pôsobení ochrán,*
- *diagnostike RIS,*
- *stave a činnosti spoločných zariadení,*
- *stave a činnosti komunikačných zariadení,*
- *zabezpečení elektrickej stanice.*

Stavová signalizácia

Úlohou stavovej signalizácie je poskytovať informáciu o stave silových zariadení (rozvodné zariadenia, transformátory, . . .). Hlavnú časť stavovej signalizácie tvoria signály popisujúce stav spínacích zariadení (vypínače, prípojnicové odpájače, vývodové odpájače). U transformátorov je to signál udávajúci číslo odbočky príslušného vinutia transformátora.

Pri signalizácii stavu spínacích prvkov sa využíva 2-bitová signalizácia, kde každý bit reprezentuje vytvorenie (1) alebo zrušenie (0) kontaktu na opačných

stranách dráhy spínacích kontaktov príslušného zariadenia. Potom je možné jednotlivé stavy signalizovať nasledovnými kombináciami:

- 00 - zariadenie je v medzipolohe,
- 01 - zariadenie je zapnuté,
- 10 - zariadenie je vypnuté,
- 11 - chybový stav.

Trvalá signalizácia stavu kombináciou 00 sa vyskytuje pri strate signalizačného napätia alebo prerušení signalizačného kábla, alebo pri revízií spínacích prvkov, kedy sú kontakty zariadenia stiahnuté do medzipolohy. Pri bezporuchovej prevádzke je tento stav dočasný a trvá len počas procesu zapínania alebo vypínania spínacieho zariadenia.

Stav 11 je neprípustný, pretože nie je možné aby kontakty na oboch stranách spínacieho zariadenia boli súčasne zapnuté. Takáto signalizácia reprezentuje skrat na zariadení alebo poruchu signalizačného zariadenia.

Aj keď sa hovorí o 2-bitovej signalizácii stavu prvku, je dôležité si uvedomiť, že o prvku sa vždy prenáša stavová veta, ktorá v sebe obsahuje údaje nesúce informáciu o identifikácii prvku, informáciu o jeho polohe a informáciu o kvalite signálu.

Meranie

V elektrických staniaciach sa merajú najčastejšie elektrické veličiny. Medzi merané veličiny patria napätie, prúd, výkon, energia, frekvencia, rozdiel napätí a ich uhol, účinník a sled fáz. Pritom sa ešte môže jednať o veličiny jednosmerné alebo striedavé, jednofázové alebo trojfázové, činné alebo jalové. U týchto elektrických veličín môže byť požadované meranie okamžitých, stredných (efektívnych), sumárnych, minimálnych alebo maximálnych hodnôt.

V elektrických staniaciach sú merané taktiež aj rôzne neelektrické veličiny, ako teplota (oleja, transformátora,...), tlak (SF6, vzduchu,...), otáčky (chladi-

9.3. Prenosový súbor elektrickej stanice

Tab. 9.1. Ochrany transformátorov

Druh ochrany	Výkon transformátora S_T (MVA)		
	$S_T \leq 1,6$	$1,6 < S_T \leq 5$	$S_T > 5$
nadprúdová skratová	x ¹⁾	x ¹⁾	x ¹⁾
poistky	x		
plynové relé	x	x	x ⁴⁾
rozdielová		x ²⁾	x ³⁾
dištančná		x ¹⁾	x ¹⁾
zemná kostrová			x
proti preťaženiu			x
nadpät'ová		x ⁵⁾	x ⁵⁾
1) jedna z uvedených 2) ak nevyhovie časovému nastaveniu nadprúdovej ochrany 3) od 25 MVA 4) jedna na nádobe transformátora, druhá na prepínači odbočiek 5) odporúčaná pre riaditeľné transformátory			

cich ventilátorov,...), výška vodnej hladiny, prietok a podobne.

Ochrany

Do tejto skupiny patria signály popisujúce nastavenia, stav a činnosť ochrán a automatík. Ich množstvo závisí od typu ochrany, jej technologického vyhotovenia (elektromechanické ochrany poskytujú maximálne 16 signálov, digitálne 250 až 300), od prepojenia ochrany s riadiacim a informačným systémom elektrickej stanice a od začlenenia elektrickej stanice v elektrizačnej sústave.

Prehľad druhov ochrán chrániacich hlavné objekty elektrizačnej sústavy uvádzajú tab. 9.1 (str. 173), tab. 9.2 (str. 174), tab. 9.3 (str. 174) a tab. 9.4 (str. 175) [5].

Diagnostika RIS

Sem patria signály popisujúce funkcionality RIS, ako napr. strata synchronizácie, strata komunikácie, strata napájacieho napätia, vnútorná chyba a iné.

Kapitola 9. Aplikácia informačných systémov v riadení elektrizačnej sústavy

Tab. 9.2. Ochrany prípojnic

Druh ochrany	Sústava s uzemneným uzlom			Sústava s izolovaným uzlom	
	do 350 MVA	nad 350 MVA		do 350 MVA	nad 350 MVA
		variant 1	variant 2		
kostrová základná	x ²⁾	x			
kostrová záložná			x ¹⁾		
rozdielová základná			x		x
rozdielová záložná			x ¹⁾		x
zemná záložná ³⁾	x ²⁾	x	x ¹⁾		
nadprúdová základná	x	x	x	x	x
záblesková		x ⁴⁾	x ⁴⁾	x ⁵⁾	x ⁵⁾
1) jedna z uvedených 2) odporúčaná 3) indikácia zemného prúdu alebo nulového napätia 4) u zapuzdrených rozvodní 5) u dôležitých rozvodných zariadení					

Tab. 9.3. Ochrany vedení zvn a vvn

Druh ochrany		Napät'ová sústava (kV)		
		110	220	400
základná	dištančná	x	x	x
	porovnávací ²⁾	x	x	x
záložná	dištančná	x ¹⁾		x
	nadprúdová časovo nezávislá smerová na nulovú zložku		x	
	porovnávací	x ¹⁾		
1) jedna z uvedených 2) u veľmi krátkych vedení namiesto dištančnej Ak má vedenie základnú a záložnú ochranu, potom jedna z nich musí byť dištančná. Základná ochrana musí byť doplnená väzbou.				

9.3. Prenosový súbor elektrickej stanice

Tab. 9.4. Ochrany vedení vn

Druh ochrany	Druh vedenia			
	podružné stanice	lúčové v napájacích staniaciach	okružné a paralelné obojstranne napájané	uzavreté prepojené okružné, obojstranne napájané
nadprúdová skratová časovo nezávislá	x	x ¹⁾		x
nadprúdová smerová časovo nezávislá			x	
porovnávací				x
dištančná				x ²⁾
zemná smerová na jalovú zložku prúdu	x	x ³⁾	x ³⁾	x ³⁾
zemná smerová na činnú zložku prúdu	x	x ⁴⁾	x ⁴⁾	x ⁴⁾
nadprúdová skratová na nulovú zložku prúdu	x	x ⁵⁾	x ⁵⁾	x ⁵⁾
záblesková	x	x ⁶⁾	x ⁶⁾	x ⁶⁾
1) prípadne aj okamihová nadprúdová 2) keď nie je možné vyhotoviť spojovaciu cestu pre porovnávaciu ochranu 3) v nekompensovaných sieťach s neúčinne uzemneným uzlom 4) v kompenzovaných sieťach 5) v sieťach uzemnených cez odpor 6) v skriňových rozvádzačoch vn, alternatívne sa používa kostrová ochrana				

Spoločné zariadenia

Signály nesúce informáciu o stave a činnosti spoločných zariadení nesú v sebe informáciu o schopnosti elektrickej stanice reagovať na úlohy operatívneho dispečerského riadenia. Patria sem signály ako napr. strata tlaku vzduchu alebo SF₆, pokles tlaku vzduchu alebo SF₆, strata signalizačného napätia, vypnutie ističa pohonu, miestne ovládanie poľa, strata striedavého napájania, zemné spojenie jednosmerného rozvodu a iné.

Komunikačné zariadenia

Úlohou signálov popisujúcich stav a činnosť komunikačných zariadení je informovať o schopnosti systému prenášať údaje potrebné pre dispečerské riadenie. Patria sem signály informujúce o poruche zariadenia, strate napájacieho napätia, poruche núdzového zdroja napätia, o poruche prenosovej cesty atď.

Zabezpečenie rozvodne

Signály patriace do tejto skupiny informujú jednak o vzniku požiaru v jednotlivých častiach elektrickej stanice (transformátor, spínacie zariadenia, budovy, spoločné zariadenia), ale aj o vstupe osôb do priestorov elektrickej stanice. Je to veľmi dôležitá informácia, najmä u elektrických staníc bez trvalej obsluhy, pretože ak sa jedná o nepovolený vstup do elektrickej stanice, vyžaduje si zásah bezpečnostnej služby, no zároveň každý vstup do technologických priestorov ovplyvňuje bezpečnosť prevádzky elektrickej stanice.

9.3.2 Prevádzková a poruchová signalizácia

Dôležitým zdrojom informácií pre riadenie a prevádzku elektrizačnej sústavy je *prevádzková signalizácia* a *poruchová signalizácia*.

Prevádzková signalizácia

Prevádzkovú signalizáciu tvoria tie signály, ktoré popisujú bezporuchovú prevádzku elektrickej stanice. Na jej základe je možné určiť momentálny pre-

9.3. Prenosový súbor elektrickej stanice

vádzkový stav elektrickej stanice (zapojenie jednotlivých odbočiek, veľkosti meraných veličín, stavy pomocných zariadení, stav komunikačných a riadiacich systémov, ...).

Poruchová signalizácia

Poruchová signalizácia informuje o poruchách vznikajúcich v elektrizačnej sústave, ktoré boli detekované pomocou zariadení elektrickej stanice. Využíva signály zo všetkých zariadení monitorujúcich činnosť jednotlivých prvkov elektrickej stanice.

V rámci poruchovej signalizácie rozlišujeme varovnú a poruchovú signalizáciu. *Varovná signalizácia* upozorňuje na také poruchy v elektrickej stanici, s ktorými je možné naďalej prevádzkovať príslušnú časť elektrizačnej sústavy a ich riešenie si nevyžaduje okamžitý zásah. Patria sem napríklad popudy elektrických ochrán a signalizácia straty jedného zo zdrojov ovládacieho napätia (pre zabezpečenie napájania ovládacieho napätia sa používajú dva nezávislé zdroje – akumulátorová batéria a rozvodňa vlastnej spotreby napájaná z terciárneho vinutia výkonového transformátora, ktorá je napájaná ešte aj z nezávislého vedenia 22 kV).

Poruchová signalizácia upozorňuje na také poruchy v elektrickej stanici, s ktorými už nie je možné prevádzkovať elektrizačnú sústavu a ich riešenie si vyžaduje okamžitý zásah dispečera a technickej obsluhy elektrickej stanice. Do tejto skupiny patria napríklad signály informujúce o činnosti ochrán a automatík.

RIS upozorňuje dispečera na poruchy vznikajúce v elektrickej stanici aktívaním varovného signálu. Na základe tohto varovania získa dispečer základný prehľad o poruchách v elektrickej stanici prostredníctvom kumulovanej poruchovej signalizácie, ktorá poruchy zoskupuje (v závislosti od úrovne dispečerského riadenia a implementovaného riadiaceho systému) do nasledovných skupín:

Kapitola 9. Aplikácia informačných systémov v riadení elektrizačnej sústavy

- *pôsobenie ochrán,*
- *porucha transformátora,*
- *havária transformátora,*
- *ovládacie napätie,*
- *striedavé napätie,*
- *pôsobenie automatiky opätovného zapínania (OZ),*
- *zemné spojenie,*
- *vlastná spotreba,*
- *porucha tlaku,*
- *záblesková ochrana,*
- *uzol transformátora,*
- *telekomunikačné zariadenia,*
- *popudy ochrán,*
- *neodpadnutie kontaktu povelovacieho relé do kľudového stavu,*
- *miestne ovládanie,*
- *zabezpečenie objektu,*
- *všetko ostatné - zvyčajne sa nezobrazuje.*

9.3.3 Obsah prenosového súboru elektrickej stanice

Informačný obsah prenosového súboru musí odrážať potreby dispečerského riadenia. To znamená, že musí v sebe obsahovať informácie, ktoré sú využiteľné pre prípravu prevádzky, jej operatívne riadenie a následné vyhodnocovanie.

V najväčšej miere sa informácie z prenosového súboru využívajú pre operatívne riadenie elektrizačnej sústavy v reálnom čase. Dispečer získané informácie

9.3. Prenosový súbor elektrickej stanice

vyhodnocuje a na ich základe sa rozhoduje ako bude riešiť vzniknuté situácie. Aby dispečer dokázal zareagovať na vzniknuté situácie správne a v čo najkratšom čase, je dôležité aby prenosový súbor v sebe obsahoval informácie, ktoré mu tento proces uľahčia a nie skomplikujú.

Z hľadiska ostatných dvoch oblastí dispečerského riadenia je nutné zvážiť, aké dáta je potrebné prenášať v reálnom čase v rámci prenosového súboru a aké dáta stačí prenášať vo forme archívov raz za nejaký časový interval.

Faktory vplývajúce na obsah prenosového súboru

Na výber signálov z dátového obrazu elektrickej stanice do jej prenosového súboru vplývajú nasledovné faktory:

- *Dátový obraz elektrickej stanice* - obsah prenosového súboru najviac závisí od samotnej elektrickej stanice. Podľa toho, aké úlohy plní elektrická stanica v elektrizačnej sústave, mení sa jej technologické vybavenie, čo ovplyvňuje obsah jej dátového obrazu. Jeho veľkosť závisí nielen od počtu hlavných silových a spoločných zariadení, ale aj od úrovne riadiaceho a informačného systému príslušnej elektrickej stanice. Najväčší vplyv má technologická úroveň ochrán a automatík chrániacich silové zariadenia, pretože množstvo signálov, ktoré je možné získať z digitálnych ochrán výrazne prevyšuje množstvo signálov, ktoré je možné získať z elektromechanických ochrán. Navyše niektoré signály popisujúce činnosť starších typov ochrán nie sú prepojené do RIS, takže ich nie je možné zaradiť do prenosového súboru (často to býva pri OZ v rozvodniach vn). Do dátového obrazu elektrickej stanice sa taktiež premieta jej začlenenie do elektrizačnej sústavy. Čím má elektrická stanica väčšiu dôležitosť pre riadenie elektrizačnej sústavy, tým viac ochranných a monitorovacích zariadení je v nej inštalovaných.
- *Spôsob prevádzky elektrickej stanice* - elektrické stanice môžu byť prevádzkované s trvalou obsluhou, s dohľadom a bez obsluhy. Táto skutoč-

nosť zásadným spôsobom ovplyvňuje obsah prenosového súboru, pretože čím je stupeň obsluhy v elektrickej stanici menší, tým väčšie množstvo signálov je potrebné zahrnúť do prenosového súboru, aby bolo možné vykonávať plnohodnotné riadenie elektrickej stanice z dispečerského pracoviska. Súčasný trend v tejto oblasti smeruje k tomu, že v budúcnosti budú všetky elektrické stanice prevádzkované ako bezobslužné.

- *Zmenový prenos dát* - pri súčasnej filozofii prenosu údajov (zmenový systém) sa veľmi líši počet zobrazovaných alarmov a zmien pri normálnej a poruchovej prevádzke elektrickej stanice. Počas normálneho prevádzkového stavu elektrickej stanice je zobrazovaný objem údajov relatívne malý. Problémy môžu nastať pri rozsiahlych poruchových stavoch, kedy dochádza k veľkému a nepredvídateľnému počtu zmien. Ak sú všetky tieto zmeny zahrnuté do prenosového súboru a sú prezentované dispečerom, hrozí zahltenie dispečera príliš veľkým množstvom informácií, ktoré nie je dispečer schopný v požadovanom čase spracovať a správne vyhodnotiť, čo môže viesť k jeho chybným rozhodnutiam.
- *Prenosová cesta* - v súčasnosti sa používajú pre prenos údajov medzi elektrickými stanicami a dispečerskými pracoviskami dva spôsoby. Prvý z nich spočíva vo vytvorení trvalého prenosového kanála medzi elektrickou stanicou a dispečingom, pričom sa využívajú fixné telekomunikačné siete. Množstvo informácie, ktoré sa prenáša takýmto spôsobom je limitované len prenosovou kapacitou prenosového kanála. Keďže nie všetky využívané prenosové cesty sú majetkom energetiky, energetika platí poskytovateľom prenosových ciest za trvalé poskytnutie objednanej kapacity prenosového kanála. Pri takomto spôsobe prenosu údajov je snaha maximálne využiť prenajímanú prenosovú kapacitu, čo sa prejaví v používaní obsiahlejšieho prenosového súboru. Druhý spôsob prenosu údajov je založený na dávkovom prenose údajov, zvyčajne prostredníctvom rá-

9.4. Koncepty EMS, DMS a DA

diových sietí (GPRS). Pri ňom sa prenos údajov uskutočňuje buď raz za definovaný čas (pri bezporuchovej prevádzke) alebo pri výskyte poruchy na zariadení. Pri takomto spôsobe prenosu platí energetika za objem prenesených údajov, čo sa prejaví v snahe používať obsahovo stručnejší prenosový súbor.

9.4 Koncepty EMS, DMS a DA

S rozvojom automatizácie a informačných systémov sa postupne začali aplikovať ich funkcionality do všetkých aspektov prevádzky a riadenia elektrizačných a distribučných sústav. Cieľom bolo pokryť všetky činnosti ochrán, cez SCADA systém, až po už spomínané aplikácie informačno-komunikačných technológií. Vznikol tak mix lokálnej automatizácie, vzdialeného riadenia spínacích prvkov a centrálného rozhodovania.

Aplikácia tohto konceptu na prevádzku a riadenie prenosových sústav sa začala označovať spoločným pojmom *Energy Management System* - EMS. Aplikácie pre prevádzku a riadenie distribučných sústav zas pojmom *Distribution Management System* - DMS [26].

Oba systémy sú charakteristické:

- orientáciou na centrálné riadenie z dispečingu,
- poskytovaním tých najaktuálnejších a najpresnejších dát o riadení dispečerovi,
- kombináciou funkcií pracujúcich v reálnom čase (diaľkové riadenie) s funkciami pracujúcimi mimo reálny čas (manuálne ovládanie spínacích prvkov).

V EMS aj DMS zohrávajú kľúčovú úlohu technológie zamerané na databázy popisujúce prenosovú resp. distribučnú sústavu, na aplikácie obnovujúce aktuálnosť obsahu databáz, na prístup do podporných informačných systémov

a v neposlednom rade na rozhranie človek - stroj (HMI), ktoré poskytuje dispečerom informácie pre efektívne riadenie prenosovej resp. distribučnej sústavy.

Keďže základom oboch konceptov je využívanie dát, otvára sa v súčasnosti v oboch konceptoch priestor pre aplikovanie metód umelej inteligencie. Či už v podobe aplikovania *strojového učenia* pre dátovú analýzu uložených údajov, s cieľom identifikovať časové závislosti vybraných parametrov prevádzky, alebo v podobe aplikovania *neurónových sietí* pre predikciu vývoja spotreby elektrickej energie alebo cien regulačnej elektriny.

Distribution Automation

Samostatným podsystémom DMS je koncept označovaný ako *Distribution Automation* - DA, ktorý je zameraný na automatizáciu prevádzky distribučných vedení 22 kV. Pokrýva oblasti prevádzky diaľkového riadenia spínacích prvkov umiestnených v distribučných vedeniach (reclosery, diaľkovovo riadené úsekové odpínače, ...), lokálnej automatizácie týchto zariadení a potrebnej komunikačnej infraštruktúry [26].

Existuje viacero definícií konceptu DA, ktoré by sa dali zhrnúť do definície, že *funkcionalitu DA zabezpečuje skupina technologických zariadení umožňujúca distribučnej spoločnosti diaľkovo monitorovať, koordinovať a ovládať prvky distribučnej sústavy v reálnom čase zo vzdialených dispečerských pracovísk.*

DA sa využíva najmä pri identifikácii, hľadaní a lokalizácii porúch v distribučných sieťach 22 kV v reálnom čase a pri zabezpečení obnovy napájania čo najväčšieho počtu odberateľov počas trvania poruchy.

Literatúra

- [1] *Zákon č. 251/2012 Z.z. o energetike a o zmene a doplnení niektorých zákonov*, 2023.
- [2] Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.: *Dispečerský poriadok na riadenie elektrizačnej sústavy Slovenskej republiky*, 2015.
- [3] Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.: *Technické podmienky prístupu a pripojenia, pravidlá prevádzkovania prenosovej sústavy*, 2023.
- [4] STRAUSS, C.: *Practical electrical network automation and communication systems*, Newnes, 2003.
- [5] JANÍČEK, F. a kol.: *Elektrické stanice*, Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2001.
- [6] VARGA, L. - ILENIN, S.: *Rozvodné zariadenia*, PRO, s.r.o., Banská Bystrica, 2007.
- [7] KRYCHTÁLEK, Z. - PAUZA, J.: *Elektrické stanice*, SNTL, Praha, 1989.
- [8] SOMMERLATTE, F.: *Rozvodne vn*, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 1960.
- [9] BREJCHOVÁ, M. - RYCHTAŘÍK, J.: *Prektické fungování českého a evropského trhu s elektřinou*, 2021.
- [10] NOVÁK, M. a kol.: *Elektroenergetika*, MARKAB spol. s r.o., Žilina, 2007.
- [11] *PB/F type Power Cube - Fixed parts for medium voltage circuit-breakers and contactors*, ABB.
- [12] *Výkonové vypínače vn a vvn*, OSU.cz.
- [13] STELZER, A.: *Vacuum Interrupter - Basic switching technology*, Zagreb, 2022.

- [14] *Earthing switches QZ*, IVEP, 2023
- [15] *Odpájače vonkajšie*, SEZ Krompachy, 2020.
- [16] JANÍČEK, F. a kol: *Rozvodné zariadenia v energetike*, Vydavateľstvo SPEKTRUM STU, 2020.
- [17] ABB: *High voltage instrument transformers*, www.abb.com, 2020.
- [18] ABB: *High current instrument transformers*, www.abb.com, 2020.
- [19] ABB: *Voltage and current sensors for medium voltage networks*, www.abb.com, 2020.
- [20] BUBENÍK, P. - BUBENÍKOVÁ, E. - KORBEL, P. - NAGY, P.: *Informačné technológie pre podnikovú prax*, Žilinská univerzita, 2004.
- [21] LACKO, B: *Automatizace a automatizační technika: Systémové pojetí automatizace*, Computer Press, 2000.
- [22] KOŠČOVÁ, M. - EXNAR, Z. - KRŮPKA, J: *Systémy automatického riadenia*, Vojenská akadémia, Liptovský Mikuláš, 1997.
- [23] *Informatizácia výroby – scada a mes systémy v priemyselnej praxi*, ATP Journal 8/2011, 2011.
- [24] *Types of Database Languages and Their Uses*, www.indeed.com/career-advice/career-development/database-languages, 2023.
- [25] ŠTURCEL, J.: *Snímače a prevodníky*, Bratislava: STU Bratislava, 2002.
- [26] MOMOH, J.A.: *Electric power distribution, automation, protection and control*, CRC Press, 2008.
- [27] MERTLOVÁ, J.: *Elektrické stanice*, skriptá, Katedra elektroenergetiky ZČU Plzeň, 2008.
- [28] ZOLOTOVÁ, I. - FLOCHOVÁ, J.: *Vizualizačné prostriedky, systémy SCADA/HMI*, AT&P Journal. 12/2001, 1/2002.
- [29] BODOR, J.: *Návrh špecifikácie dispečerského tréningového simulátora pre napäťovú úroveň vn*, bakalárska práca, Žilinská univerzita v Žiline, 2014.
- [30] KRÁL, V. - SÁDECKÝ, B.: *Nové funkce dispečerských řídicích systémů*, ČK CIRED, 2001.

Register

- časový multiplex, 146
- šírka pásma, 126
- šum, 126

- AD prevodník, 106
- AGC, 168
- aktívny snímač, 103
- aliasing, 107
- amplitúdová modulácia, 127
- analogový signál, 125
- aplikačná vrstva, 150
- ASDR, 8, 158
- automatizované riadenie, 90
- AVC, 168

- bleskoistka, 72
- bleskoistky, 47
- blokovacie podmienky, 83

- chyba napätia, 59
- chyba uhla, 59
- CIS, 169
- CSMA/CD, 147

- dáta, 87
- dátový model, 96
- dátový server, 95
- DA, 182
- databáza, 95
- digitálny signál, 126

- dilatačný snímač, 113
- dimenzovanie prípojnic, 26
- diskrétny signál, 126
- dispečerské riadenie, 7
- distribučná sústava, 5
- DMS, 181
- duplex, 140
- dvojitý systém prípojnic, 32
- dynamický prúd, 48

- elektrická stanica, 15
- elektrické veličiny, 109
- elektrizačná sústava, 5
- EMS, 181

- frekvenčná modulácia, 128
- frekvenčný multiplex, 146
- fyzická vrstva, 151

- GIS, 169

- hlavné odbočky, 41
- HMI, 163
- hviezda, 141

- IEC 60870-5-101, 152
- IEC 60870-5-103, 154
- IEC 61850, 154
- IED, 13
- informácia, 87
- informačný systém, 88, 158

- informačno-komunikačné technológie, 8
- jednoduchý systém prípojnic, 31
- kódovanie signálu, 107
- koaxiálny kábel, 137
- kobka, 40
- kombinovaný spínač pomocnej prípojnice, 44
- kombinovaný spínač prípojnic, 43
- kompenzovňa, 20
- komunikácia Master-Slave, 144
- komunikácia Peer-to-Peer, 144
- komunikačný kanál, 127
- komunikačný protokol, 14
- kruh, 142
- kvantovanie signálu, 107
- linková vrstva, 151
- meniareň, 19
- menovitá frekvencia, 48
- menovité napätie, 48
- menovitý prúd, 48
- merací člen, 102
- merací prevodník, 104
- merací systém, 102
- meranie, 172
- meranie prietoku, 115
- meranie tepla, 120
- meranie teploty, 110
- merné teplo, 120
- MES systém, 94
- minimálny prerez, 28
- model OSI/ISO, 149
- modulačné techniky, 127
- modulačný signál, 127
- modulovaný signál, 127
- monokryštál, 113
- nadprúdové číslo, 64
- neelektrické veličiny, 110
- negastor, 112
- neurónová sieť, 182
- nosný signál, 127
- ochrana digitálna, 12
- ochrana elektronická, 12
- ochrany, 173
- odbočka, 24
- odbočka merania, 46
- odbočky, 40
- odbočky zvodnice, 46
- odpínač, 52
- odpájač, 51
- okružné prípojnice, 36
- OMS, 169
- optický kábel, 138
- ovládanie, 90
- PAS, 167
- pasívny snímač, 103
- PLC, 13
- pole rozvodne, 40
- polling, 145
- polovičný duplex, 140
- pomocná prípojnica, 79
- pomocné odbočky, 41
- pomocný systém prípojnic, 35
- poruchová signalizácia, 176, 177
- pozdlžny spínač prípojnic, 43
- pozistor, 113
- prípojnicový odpájač, 51
- prípojnica, 24
- prípojnicový systém, 30
- prístrojové transformátory, 47
- prístrojový transformátor, 55

Register

- prístrojový transformátor napätia, 55, 56
- prístrojový transformátor prúdu, 55, 62
- prenosová sústava, 5
- prenosové média, 135
- prenosové pásmo, 127
- prevádzková signalizácia, 176
- prezentačná vrstva, 150
- priama linka, 140
- priečny spínač prípojnic, 43
- prierezový prietokomer, 116
- prietoková rovnica, 118
- psieťová vrstva, 151
- PTN, 56
- PTP, 62

- regulácia, 91
- relačná vrstva, 150
- riadiaci systém, 159
- RIS, 21
- RIS dispečingu, 162
- RIS elektrickej stanice, 158
- rozdávač, 23
- rozvodňa, 23
- rozvodňa typu H, 38
- rozvodne bez prípojnic, 37
- rozvodnica, 23
- RTU, 13, 165

- SCADA, 92, 167
- Sebeckovo napätie, 113
- senzory, 66
- SF6, 13
- simplex, 140
- snímač, 103
- snímač polohy, 121
- snímač teploty, 110

- spínacia stanica, 19
- spínacie prístroje, 47, 48
- spínač pomocnej prípojnice, 44
- spojenie bod-bod, 140
- spoločné a pomocné zariadenia, 22
- SQL, 96
- stavebná časť stanice, 21
- stavová signalizácia, 171
- strojové učenie, 182

- technologická časť stanice, 21
- teplonosné médium, 120
- Token Ring, 147
- topológia sietí, 141
- transformovňa, 19
- transportná vrstva, 150
- trojitý systém prípojnic, 33

- uzemňovač, 52

- výkonový vypínač, 49
- vývodový odpájač, 52
- varovná signalizácia, 177
- viacbodové spojenie, 141
- vyp/zap prúd, 48
- vypínacia charakteristika, 49
- vzorkovacia frekvencia, 106
- vzorkovanie signálu, 106

- zapnutie vývodu, 75
- zbernica, 143
- zmena systému prípojnic, 76
- zotavené napätie, 48
- zvodič prepätia, 72
- zvodiče prepätia, 47