

Series on Advanced Economic Issues
Faculty of Economics, VŠB-TU Ostrava

Lukáš Prokop

Zdeněk Medvec

Zdeněk Zmeškal

PROBLEMATIKA OCEŇOVÁNÍ NEDODANÉ ENERGIE V PRŮMYSLU

Ostrava, 2009

Lukáš Prokop & Zdeněk Medvec
Department of Electrical Power Engineering
Faculty of Electrical Power and Computer Science
VŠB-Technical University Ostrava
17. Listopadu 15
708 33 Ostrava, CZ
lukas.prokop@vsb.cz, zdenek.medvec@vsb.cz

Zdeněk Zmeškal
Department of Finance
Faculty of Economics
VŠB-Technical University Ostrava
Sokolská 33
701 21 Ostrava, CZ
zdenek.zmeskal@vsb.cz

Recenze

Dana Dluhošová
Zbyněk Martínek
Petr Toman

© VŠB-TU Ostrava 2009
Printed in Tiskárna Grafico, s.r.o.
Cover design by MD communications, s.r.o.

ISBN 978-80-248-2099-6

Předmluva

Předmětem předložené knihy je problematika oceňování nedodané elektrické energie v průmyslových podnicích.

V publikaci jsou prezentovány, vysvětlovány a analyzovány vybrané aspekty dané problematiky. Pozornost je soustředěna zejména na spolehlivost dodávek elektrické energie, řízení a regulaci elektrické soustavy, vývoj a charakteristiky elektroenergetického trhu, metody oceňování elektrické energie, metody hodnocení investic, ekonomické posuzování a hodnocení ztrát nedodané elektrické energie. Uvedena je podrobná metodika vyčíslení ztrát z nedodané elektrické energie, včetně praktické ověřovací studie.

Knihou je určena zejména odborníkům působícím v energetických výrobnách, přenosových a distribučních společnostech, kteří se zabývají touto aktuální problematikou. Vědecko-výzkumní pracovníci, studenti doktorských a magisterských studií oboru Elektroenergetika a příbuzných oborů tvoří další významnou skupinu, pro niž může být kniha užitečná.

Publikace je zpracována kolektivem autorů, který se uvedenou problematikou zabývá delší dobu a vznikla s přispěním a v rámci výzkumného záměru *Výzkum spolehlivosti energetických soustav v souvislosti ekologií netradičních zdrojů a oceněním nedodané elektrické energie* (MSM 6198910007).

Obsah

Předmluva	V
Obsah	VII
Podrobný obsah	XI
Symbole a zkratky	XV
Kapitola 1 Úvod	1
Kapitola 2 Spolehlivost dodávky elektrické energie	3
2.1 Oblasti řešení spolehlivosti	4
2.2 Číselné vyjádření spolehlivosti	5
2.3 Pravděpodobnost bezporuchového chodu	6
2.4 Pravděpodobně nedodaná elektrická energie	6
2.5 Spolehlivostní hodnoty z nedodané energie	7
2.6 Globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie	7
2.7 Definice výpadků	11
2.8 Blackouts	15
2.9 Literatura	17
Kapitola 3 Liberalizace trhů s elektrickou energií a regulace kvality dodávky elektrické energie	19
3.1 Charakteristika a specifika chování trhu s elektrickou energií	19
3.2 Příklady regulace nepřetržitosti dodávky ve vybraných zemích	33
3.3 Ceny a oceňování elektrické energie	43
3.4 Literatura	51
Kapitola 4 Ocenění nedodané energie	55
4.1 Metody ocenění nedodané energie	55
4.2 Možnosti vyjádření ceny nedodané energie	56
4.3 Sociálně-ekonomické optimum ceny nedodané energie	57

4.4	Rozdělení odběratelů.....	57
4.5	Literatura.....	59
Kapitola 5 Tvorba zisku a nákladů průmyslových podniků		61
5.1	Tvorba zisku	61
5.2	Analýza nákladů.....	62
5.3	Analýza odchylek nákladů.....	67
5.4	Literatura.....	69
Kapitola 6 Metody a kritéria hodnocení investičních projektů v energetice za rizika a flexibility.....		71
6.1	Kritéria hodnocení investičních projektů.....	72
6.2	Literatura.....	84
Kapitola 7 Obecné vyjádření ztrát vzniklých výpadkem dodávky elektrické energie		85
7.1	Ztráty ze strany odběratele.....	86
7.2	Ztráty ze strany dodavatele	89
7.3	Literatura.....	90
Kapitola 8 Ocenění nedodané energie pro průmyslové podniky.....		91
8.1	Teoretické posouzení ztrát průmyslového podniku při přerušení dodávky elektrické energie	91
8.2	Výpočet ztrát průmyslového podniku 1 při přerušení dodávky elektrické energie.....	94
8.3	Stanovení typických diagramů zatížení a pravděpodobně nedodané elektrické energie.....	102
8.4	Výpočet měrné ceny nedodané elektrické energie.....	103
8.5	Shrnutí výsledků pro průmyslový podnik 2	104
8.6	Literatura.....	106
Kapitola 9 Analýza struktury ztrát a citlivostní analýza míry vlivu jednotlivých parametrů na ztráty		107
9.1	Analýza struktury ztrát	107
9.2	Citlivostní analýza	107
9.3	Literatura.....	113
Kapitola 10 Závěr		115

Literatura	119
Rejstřík	125

Podrobný obsah

Předmluva	V
Obsah	VII
Podrobný obsah	XI
Symbole a zkratky	XV
Kapitola 1 Úvod	1
Kapitola 2 Spolehlivost dodávky elektrické energie	3
2.1 Oblasti řešení spolehlivosti	4
2.2 Číselné vyjádření spolehlivosti	5
2.3 Pravděpodobnost bezporuchového chodu	6
2.4 Pravděpodobně nedodaná elektrická energie	6
2.5 Spolehlivostní hodnoty z nedodané energie	7
2.6 Globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie	7
2.7 Definice výpadků	11
2.7.1 Délka výpadku	11
2.7.2 Rozsah výpadku	11
2.7.3 Příčina výpadku	12
2.7.4 Předvídatelnost výpadku	15
2.8 Blackouts	15
2.9 Literatura	17
Kapitola 3 Liberalizace trhů s elektrickou energií a regulace kvality dodávky elektrické energie	19
3.1 Charakteristika a specifika chování trhu s elektrickou energií	19
3.1.1 Trh energie v Evropě	20
3.1.2 Výroba a spotřeba elektřiny v ČR	21
3.1.3 Typologie kontraktů elektroenergetického trhu	23
3.1.4 Energetická burza Praha PXE	27
3.2 Příklady regulace nepřetržitosti dodávky ve vybraných zemích	33
3.2.1 Regulace nepřetržitosti dodávky v Itálii	33
3.2.2 Regulace nepřetržitosti dodávky ve Španělsku	36
3.2.3 Regulace nepřetržitosti dodávky v Portugalsku	37
3.2.4 Regulace nepřetržitosti dodávky ve Velké Británii	38
3.2.5 Regulace nepřetržitosti dodávky v Kanadě a USA	39
3.2.6 Regulace nepřetržitosti dodávky v České republice	41
3.3 Ceny a oceňování elektrické energie	43

3.3.1	Specifika elektrické energie jako komodity.....	43
3.3.2	Faktory ovlivňující cenu elektrické energie.....	44
3.3.3	Druhy rizik při obchodování s elektrickou energií	45
3.3.4	Cena elektrické energie.....	46
3.3.5	Ocenění diagramu dle metody pokrytí zdola	49
3.4	Literatura	51
Kapitola 4 Ocenění nedodané energie		55
4.1	Metody ocenění nedodané energie	55
4.1.1	Nepřímé analytické metody	55
4.1.2	Studie jednotlivých případů výpadků	56
4.1.3	Odhady u konkrétních odběratelů.....	56
4.2	Možnosti vyjádření ceny nedodané energie.....	56
4.2.1	Měrná cena nedodané energie IEAR	56
4.2.2	Funkce škod.....	57
4.2.3	Cena odpadlého výkonu (VOLL)	57
4.3	Sociálně-ekonomické optimum ceny nedodané energie.....	57
4.4	Rozdělení odběratelů	57
4.5	Literatura	59
Kapitola 5 Tvorba zisku a nákladů průmyslových podniků		61
5.1	Tvorba zisku	61
5.2	Analýza nákladů	62
5.2.1	Druhé členění nákladů	62
5.2.2	Členění nákladů ve vztahu k objemu produkce	62
5.2.3	Kalkulační členění nákladů.....	63
5.3	Analýza odchylek nákladů.....	67
5.4	Literatura	69
Kapitola 6 Metody a kritéria hodnocení investičních projektů v energetice za rizika a flexibility.....		71
6.1	Kritéria hodnocení investičních projektů.....	72
6.1.1	Kritérium čistá současná hodnota	75
6.1.2	Kritérium index ziskovosti	76
6.1.3	Kritérium vnitřní výnosové procento.....	76
6.1.4	Kritérium doba úhrady.....	77
6.1.5	Porovnání dynamických kritérií	78
6.1.6	Kritéria hodnocení zadlužených investičních projektů.....	78
6.1.7	Kritéria hodnocení investičních projektů za rizika a flexibility.....	80
6.2	Literatura	84
Kapitola 7 Obecné vyjádření ztrát vzniklých výpadkem dodávky elektrické energie		85
7.1	Ztráty ze strany odběratele.....	86
7.1.1	Přímé ztráty	86
7.1.2	Nepřímé ztráty	88
7.1.3	Celkové ztráty odběratele	88
7.2	Ztráty ze strany dodavatele.....	89

7.2.1	Přímé ztráty	89
7.2.2	Nepřímé ztráty	89
7.2.3	Celkové ztráty dodavatele.....	90
7.3	Literatura	90

Kapitola 8 Ocenění nedodané energie pro průmyslové podniky..... 91

8.1	Teoretické posouzení ztrát průmyslového podniku při přerušení dodávky elektrické energie	91
8.1.1	Stanovení typu poruch (rozdělení dle délky výpadku a vlivu na výrobní zařízení)	91
8.1.2	Určení výrobních systémů postižených výpadkem.....	92
8.1.3	Identifikace technických důsledků výpadku dodávky elektrické energie.....	92
8.1.4	Ekonomické důsledky výpadku.....	93
8.2	Výpočet ztrát průmyslového podniku 1 při přerušení dodávky elektrické energie	94
8.2.1	Určení výrobních zařízení průmyslového podniku postižených výpadkem.....	94
8.2.2	Stanovení typu poruch (rozdělení dle délky výpadku a vlivu na výrobní zařízení)	95
8.2.3	Identifikace technických důsledků výpadku dodávky elektrické energie.....	96
8.2.4	Ekonomické důsledky výpadku	97
8.2.5	Vyjádření funkce škod.....	101
8.3	Stanovení typických diagramů zatížení a pravděpodobně nedodané elektrické energie.....	102
8.4	Výpočet měrné ceny nedodané elektrické energie.....	103
8.5	Shrnutí výsledků pro průmyslový podnik 2.....	104
8.6	Literatura	106

Kapitola 9 Analýza struktury ztrát a citlivostní analýza míry vlivu jednotlivých parametrů na ztráty 107

9.1	Analýza struktury ztrát	107
9.2	Citlivostní analýza	107
9.2.1	Analýza ztrát z nevyrobených výrobků u jednotlivých produktů v závislosti na externí ceně	109
9.2.2	Analýza ztrát z nevyrobených výrobků v závislosti na variabilních nákladech	110
9.2.3	Analýza ztrát z nevyrobených výrobků u jednotlivých výpadků v závislosti na době do obnovení plného provozu	110
9.2.4	Analýza přímých ztrát u jednotlivých výpadků v závislosti na době výpadku.....	111
9.2.5	Analýza celkových ztrát u jednotlivých výpadků v závislosti na době výpadku.....	112
9.3	Literatura	113

Kapitola 10 Závěr 115

Literatura	119
Rejstřík	125

Symbole a zkratky

<i>ASAI</i>	střední ukazatel spolehlivosti	
<i>C</i>	penalizační koeficient pro danou oblast	(-)
<i>c</i>	jednotková cena výrobku	(Kč · výrobek ⁻¹)
<i>CAIDI</i>	průměrná doba trvání výpadku u odběratele	(min · rok ⁻¹)
<i>CI</i>	počet výpadků	(-)
<i>CML</i>	celková doba nedodávky	(min)
<i>CML₂</i>	dvouletý průměr ukazatele <i>CML</i>	(min)
<i>CML_{LIMIT}</i>	limit ukazatele <i>CML</i>	(min)
<i>CZ</i>	čistý zisk	(Kč)
<i>ČPK</i>	čistý provozní kapitál	(Kč)
<i>D</i>	disponibilní čas	(min)
<i>DHM</i>	dlouhodobý hmotný majetek	
<i>DI</i>	celková doba trvání výpadků za kalendářní rok	(h · rok ⁻¹)
<i>DI_p</i>	normovaná hodnota celkové doby trvání výpadků	(h)
<i>DTS</i>	distribuční transformátorová stanice	
<i>DÚ</i>	doba úhrady <i>i</i> (<i>Payback Method</i>)	(rok)
<i>FCF</i>	volné finanční toky	(Kč)
<i>FCFF</i>	volné finanční toky firmy (<i>Free Cash Flow to Firm</i>)	(Kč)

<i>FCFE</i>	volné finanční toky vlastního kapitálu (<i>Free Cash Flow to Equity</i>)	(Kč)
<i>H</i>	počet přerušení vztažený k N_{TARIF}	(-)
<i>INV</i>	investiční výdaje	(Kč)
<i>IRR</i>	vnitřní výnosové procento (<i>Internal Rate of Return</i>)	(%)
<i>IZ</i>	index ziskovosti	(Kč/Kč)
<i>JKV</i>	jednorázové kapitálové výdaje	(Kč)
<i>K</i>	průměrná kadence výroby	(ks · min ⁻¹)
k_1	koeficient snižující ztráty ze zničených výrobků	(-)
k_2	koeficient snižující ztráty z prostoje	(-)
K_i	investiční náklady vedení	(Kč · km ⁻¹)
k_{Δ}	měrný činitel ztrát	(kW · kvar ⁻¹)
l_j	instalovaný výkon ve skupině postižených odběratelů	(kVA)
L_s	celkový instalovaný výkon	(kVA)
n	cena nedodané energie	(Kč · kWh ⁻¹)
n_j	počet odběratelů ve skupině postižených odběratelů	(-)
n_v	počet zničených výrobků	(-)
n_{NE}	měrná cena nedodané energie	(Kč · kWh ⁻¹)
N	celkové roční náklady	(Kč · rok ⁻¹)
NF	fixní roční náklady	(Kč · rok ⁻¹)
N_{HM}	hodinová mzda	(Kč · h ⁻¹)

NI	počet výpadků za poslední kalendářní rok	(-)
N_i	konstantní roční náklady	(Kč · rok ⁻¹)
NI_p	normovaná hodnota počtu výpadků za kalendářní rok	(rok ⁻¹)
N_{NAKUP}	nákupní cena elektrické energie	(Kč · kWh ⁻¹)
n_{OT}	měrné náklady na ohřev taveniny	(Kč · min ⁻¹)
npr_i	přímé náklady	(p.j./ks)
$nnep_i$	nepřímé náklady	(p.j./ks)
NN	nízké napětí	(V)
N_{PRODEJ}	prodejní cena elektrické energie	(Kč · kWh ⁻¹)
NPV	čistá současná hodnota (<i>Net Present Value</i>)	(Kč)
N_s	celkový počet zásobovaných odběratelů	(-)
NV	variabilní roční náklady	(Kč · rok ⁻¹)
N_{Δ}	náklady na ztráty elektrické energie	(Kč · kW ⁻¹)
n_{Δ}	měrné roční ztráty	(Kč · kW ⁻¹ · rok ⁻¹)
ODP	odpisy	(Kč)
p_p	počet pracovníků v prostoji	(-)
p	kapitálová služba	(%)
P_1	výkon v čase T_0	(kVA)
P_2	výkon v čase T_2	(kVA)
PEN	celková výše penalizací	(Kč)
P_{EXT}	externí cena výrobku	(Kč)
P_{INT}	interní cena výrobku	(Kč)

P_{MAX}	maximální odebíraný výkon	(kW)
PP	doba návratnosti (<i>Payback Period</i>)	(rok)
PTP	průměrné trvání přerušení	(min · rok ⁻¹)
P_W	účtovaná průměrná roční energie	(kWh)
T	tržby	(Kč)
Q	pravděpodobnost poruchy	(-)
Q_{BZ}	objem produkce pro bod zvratu	(ks · rok ⁻¹)
Q_v	množství výrobků za rok	(ks · rok ⁻¹)
q	objem výroby za jednotku disponibilního času	(jednotky · min ⁻¹)
R	pravděpodobnost bezporuchového chodu	(-)
S	průřez vedení	(mm ²)
$SAIDI$	průměrná systémová doba trvání výpadku	(min · rok ⁻¹)
$SAIFI$	průměrná systémová intenzita poruch	(výpadek · rok ⁻¹)
s_j	počet <i>DTS</i> ve skupině postižených odběratelů	(-)
S_s	celkový počet <i>DTS</i>	(-)
T	roční tržby	(Kč · rok ⁻¹)
T_0	datum a čas začátku poruchy	(-)
T_1	datum a čas začátku manipulací pro vymezení poruchy	(-)
T_2	datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy	(-)
T_3	datum a čas obnovení dodávky	(-)
T_{DOD}	celkový čas dodávky za určité období	(h)

t_j	střední doba trvání výpadku pro odběratele skupiny	(min)
T_{MAX}	doba využití maxima	(h · rok ⁻¹)
$t_{OHŘ}$	doba ohřevu taveniny	(Kč)
t_{OP}	doba do obnovení plného provozu (odstávky)	(min)
t_S	střední doba mezi poruchami	(h)
t_V	doba výpadku	(min)
$T_{VÝP}$	celkový čas výpadku za určité období	h · období ⁻¹
v_1	počet výrobků vyrobených za jednu hodinu	(ks · h ⁻¹)
v	jednotkové variabilní náklady na výrobek	(Kč · výrobek ⁻¹)
VN	vysoké napětí	(kV)
VVN	velmi vysoké napětí	(kV)
ZVN	zvlášť vysoké napětí	(kV)
W_N	roční nedodaná elektrická energie	(kWh · rok ⁻¹)
W_{NED}	nedodaná elektrická energie během výpadku	(kWh · výpadek ⁻¹)
W_S	roční spotřeba elektrické energie s vyloučením ztrát	(MWh · rok ⁻¹)
Z_1	počet zákazníků bez napětí v čase T_0	(-)
Z_2	počet zákazníků bez napětí v čase T_2	(-)
Z_{CD}	ztráty způsobené výpadkem u dodavatele	(Kč)
Z_{CO}	ztráty způsobené výpadkem u odběratele	(Kč)
Z_i	další možné přímé ztráty při výpadku	(Kč)

$Z_{MANIPULACE}$	ztráty vzniklé při manipulaci	(Kč)
Z_{NED}	ztráty vzniklé neprodáním elektrické energie	(Kč)
$Z_{NEPRIME}$	nepřímé ztráty	(Kč)
Z_{NV}	ztráty z nevyrobených výrobků	(Kč)
$Z_{ODPORUCHY}$	ztráty vzniklé odstraněním poruchy	(Kč)
Z_{OP}	ztráty z obnovení provozu	(Kč)
Z_{OP1}	ztráty vzniklé zničením trysek	(Kč)
Z_{OP2}	ztráty vzniklé zničením filtrů	(Kč)
Z_{OP3}	ztráty vzniklé opětovným ohřevem taveniny	(Kč)
Z_{OP4}	ztráty vzniklé obnovením provozu kvarta	(Kč)
Z_{OPRAVA}	ztráty vzniklé při opravě výrobní linky	(Kč)
Z_{PEN}	ztráty z penalizace za nedodání výrobků	(Kč)
Z_{PRIME}	přímé ztráty	(Kč)
$Z_{PROSTOJ}$	ztráty z prostoje zaměstnanců	(Kč)
Z_{START}	ztráty vzniklé při uvedení linky do opětovného provozu	(Kč)
Z_U	ušlý zisk na jednom výrobku	(Kč · výrobek ⁻¹)
Z_V	ztráty na jeden zničený výrobek	(Kč · výrobek ⁻¹)
Z_{ZNV}	ztráty ze zajištění náhradní výroby	(Kč)
Z_{ZV}	ztráty vzniklé zničením výrobků	(Kč)
Z_{ZV1}	ztráty vzniklé zničením výrobků v procesu kontilití	(Kč)
Z_{ZV2}	ztráty vzniklé zničením výrobků v procesu válcování	(Kč)

ΔCPK	změna čistého pracovního kapitálu	(Kč)
ΔP	ztráty ve vedení	(kW)
ΔP_0	ztráty naprázdno	(kW)
ΔP_k	ztráty nakrátko	(kW)
λ	intenzita poruch	(rok ⁻¹)
λ_i	intenzita výpadků v bodě „i“ sítě	(rok ⁻¹)
τ	střední doba trvání poruchy	(h)
τ_i	střední doba výpadku v bodě „i“ sítě	(min)
τ_{GV}	souhrnná doba výpadků vztažená na odběratele	(min · odběrate ⁻¹)

Ostatní symboly a zkratky se vyskytují v textu s jejich okamžitým vysvětlením.

Kapitola 1

Úvod

Efektivní systém výroby, dodávky a spotřeby elektrická energie je jedním z nezbytných předpokladů úspěšného fungování a vývoje každé vyspělé a výkonné ekonomiky. Kromě výrobního sektoru ovlivňuje rovněž životní úroveň jednotlivců a celé společnosti.

Úroveň používané výrobní a technologické infrastruktury determinuje požadavky na poskytovanou elektrickou energii, a to v oblasti kvantity, kvality a spolehlivosti její dodávky. Protože v podmínkách České republiky a všeobecně v podmínkách Evropské unie je základní požadavek kvantitativního zabezpečení elektrické energie samozřejmostí, významnou prioritu představují otázky bezpečnosti a spolehlivosti dodávek elektrické energie. Spolehlivost elektroenergetického systému představovala ve všech etapách jeho rozvoje významný parametr hodnocení jeho fungování a provozu. Spolehlivost se stala klíčovým parametrem a hodnotou, protože se na ní podílejí nezávislí účastníci technologického procesu. Spolehlivost dodávek elektrické energie je proto i jedním z klíčových cílů při plánování a tvorbě energetické politiky každého státu. Přitom však je nutné vždy respektovat ekonomickou efektivitu zabezpečení stupně spolehlivosti.

Tržní ekonomika a její nástroje se začaly zvýšenou měrou uplatňovat i v oblasti energetiky a narůstal význam spolehlivosti výroby, přenosu a dodávky elektrické energie odběratelům. Vzájemné vztahy dodavatelů a odběratelů jsou předmětem smluvních závazků, jejichž plnění je následně prováděno finančním vyrovnáním. Proces liberalizace trhu s elektrickou energií byl zahájen v České republice v roce 2001. Elektrina a energetické služby se staly obchodovatelnou komoditou. Liberalizace odvětví vedla k rozšíření trhu s elektrickou energií o další subjekty, které si konkurují na trhu s elektrickou energií a zároveň nesou všechna investiční rizika.

Elektrická energie se na liberalizovaném trhu stala zbožím, u kterého je přesně stanovena kvalita dodávky elektrické energie a kvalita napětí. V České republice jsou upraveny podmínky podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích v zákoně č. 458/2000 Sb. (energetický zákon). Tímto Zákonem je zajištěna kompatibilita české legislativy s legislativou Evropské unie a je vymezena činnost institucí (Energetického regulačního úřadu a Operátora

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

trhu s elektřinou). Cílem je spolehlivá a kvalitní dodávka energie za minimální možnou cenu pro konečného zákazníka. Velkým kladem schváleného Zákona bylo vytvoření předpokladů k postupné liberalizaci elektroenergetického trhu, včetně umožnění přístupu třetím stranám do energetických sítí. V Zákoně je také upraveno postavení a působení Státní energetické inspekce, stanoveny sankce za jednotlivá porušení Zákona a vytvořeny předpoklady k ochraně životního prostředí. Předmětem prováděcí vyhlášky 540/2005 Sb. k tomuto Zákonu je kvalita dodávky elektrické energie. Vyhláška stanovuje garantované standardy, včetně kompenzace vyplácené zákazníkům v případě nedodržení těchto standardů. Dále jsou uvedeny obecné standardy, u kterých nejsou stanoveny kompenzace. Kvalita napětí je upravena v normě ČSN EN 50 160 (Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě).

K zavedení kompenzací za nedodržení obecných standardů kvality dodávky elektrické energie přistupuje stále větší počet zemí Evropské unie a světa. Lze předpokládat, že také v České republice dojde k zavedení kompenzací za nedodržení kvality dodávky elektrické energie. Z těchto důvodů bude nabývat stále většího významu tzv. nedodaná energie a její ocenění. Vytvoření metodiky pro výpočet ekonomických ztrát vzniklých výpadkem dodávky elektrické energie je důležitou podmínkou pro ocenění nedodané elektrické energie.

Cílem publikace je popsat a analyzovat s ohledem na vybrané aspekty příčiny a důsledky nedodané elektrické energie, včetně návrhu a ověření metodiky hodnocení ztrát z nedodané elektrické energie.

Kniha je včetně úvodu a závěru rozčleněna na 10 částí. V první části (kapitola 2) je vymezen pojem spolehlivosti. Následuje kapitola 3 věnovaná popisu vývoje elektroenergetických trhů včetně regulace kvality dodávky. Obsahem další části (kapitola 4) je popis metod ocenění nedodané energie. V kapitole 5 je prezentována tvorba zisku a analýza nákladů, včetně analýzy odchylek. S ohledem na investiční náročnost energetiky a závažnost rozhodnutí je v kapitole 6 uvedena problematika hodnocení investičních projektů. Předmětem kapitoly 7 je koncepční popis ztrát vzniklých při výpadku elektrické energie. Následující kapitola 8 obsahuje případové studie ocenění nedodané energie. V 9. kapitole je analyzována struktura ztrát a provedena analýza citlivosti vstupních parametrů.

Kapitola 2

Spolehlivost dodávky elektrické energie

Spolehlivost je pojem, který se často užívá při posuzování různých systémů, výrobků a tak dále. Chceme-li mít možnost hodnotit a srovnávat spolehlivost systémů, musíme především definovat veličiny, které budeme zjišťovat. Definovat pojem spolehlivost již není tak jednoduché. Základní definici spolehlivosti uvádí norma ČSN 01 0102. Spolehlivost je obecná vlastnost objektu spočívající ve schopnostech plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. V literaturách, které se zabývají spolehlivostí, se uvádí i další definice, jež vymezují pojem spolehlivost, viz Calabro (1965). Sdružení elektronického průmyslu EIA (Elektronis Industries Association) používá následující definici: spolehlivost je pravděpodobnost, že činnost zařízení bude během určité doby a v daných provozních podmínkách přiměřená účelu zařízení.

Výpočet spolehlivosti zařízení se začal užívat nejdříve v oblasti vojenské techniky. V této oblasti je také teorie spolehlivostních výpočtů nejlépe propracována. Mnoho spolehlivostních teorií vzniklo při vývoji řízených střel. Výzkum spolehlivosti elektrizační soustavy začal ve 40. letech v USA, později v bývalém SSSR a Velké Británii. Od 50. let se provádí výzkum spolehlivosti elektroenergetické soustavy ve všech vyspělých státech světa, například Calabro (1965).

Spolehlivost elektroenergetické soustavy je v současné době stále více sledovanou záležitostí. V době, kdy jednotlivé distribuční společnosti plně odpovídají za kvalitní dodávku elektrické energie odběratelům, bude mít stále větší význam tzv. nedodaná energie a její ocenění. Výpočet pravděpodobně nedodané energie je možný právě a pouze z výsledků spolehlivostních výpočtů. Význam spolehlivostních výpočtů je však daleko širší. Znalost ukazatelů spolehlivosti jednotlivých částí sítě až po prvky sítě umožní optimalizaci revizní činnosti údržby a modernizace zařízení s cílem zlepšení spolehlivosti jednotlivých prvků sítě a tím i celého systému.

Spolehlivost, jakožto vlastnost zařízení splňovat po určitou dobu a za určitých podmínek danou funkci, je nutno posuzovat též podle ekonomického hlediska. Aplikaci výsledků teorie spolehlivosti lze použít nejen při návrhu zařízení a jeho způsobu provozu na zadané úrovni spolehlivosti, ale též při vzájemném porovnání různých alternativ řešení a dále pro kvantitativní předpovědi chování energetických zařízení v dalším provozu.

2.1 Oblasti řešení spolehlivosti

Spolehlivost elektroenergetické soustavy je chápána jako schopnost této soustavy zajistit nepřetržitou a kvalitní dodávku elektrické energie spotřebitelům. Nejedná se tedy jen o oblast výroby elektrické energie, ale i o oblast přenosu a rozvodu elektrické energie.

Dle nároků na kvalitu dodávky elektrické energie zákazníkům rozlišujeme tři stupně zajištění dodávky elektrické energie.

- Dodávka 1. stupně (se zvýšenou provozní spolehlivostí). Dodávka musí být zajištěna za každých okolností, přerušení může způsobit buď ohrožení lidských životů, nebo velké finanční škody. Jedná se zejména o oblast zdravotnictví (operační sály), doly (důlní ventilátory, těžní zařízení).
- Dodávka 2. stupně (s obvyklou provozní spolehlivostí). Může způsobit finanční škody, avšak bez ohrožení lidských životů.
- Dodávka 3. stupně (jednoduchá zařízení). Dodávky nemusí být pojištěny zvláštními opatřeními.

Nepřetržitost dodávky elektrické energie spotřebitelům může být narušena přerušením dodávky distribuce elektřiny. Jedná se o každé poruchové, plánované nebo vynucené přerušování dodávky, přenosu nebo distribuce elektřiny po dobu delší než 3 minuty, bez ohledu na příčinu vzniku přerušování. Za přerušování dodávky elektřiny konečnému zákazníkovi není považováno přerušování dodávky, jehož příčinou je jeho vlastní odběrné elektrické zařízení (Vyhláška č. 540/2005 Sb.). Přerušování napájecího napětí je definováno (ČSN EN 50 160) jako stav, při kterém je napětí v předávacím místě menší než 1 % dohodnutého napětí. Při dohodnutých přerušováních (údržba, rekonstrukce prvků soustavy) odběratel počítá s výpadky a minimalizuje případné škody. Poruchová přerušování můžeme rozdělit z hlediska doby trvání přerušování na dlouhodobá přerušování (delší než tři minuty, zpravidla způsobená trvalou poruchou) a krátkodobá přerušování (doba trvání do tří minut, způsobená přechodnými poruchami).

Další příčinou narušení nepřetržitosti a kvality dodávky elektrické energie spotřebitelům mohou být krátkodobé poklesy napájecího napětí, které jsou definovány jako náhlé poklesy napájecího napětí na hodnotu mezi 90 % a 1 % dohodnutého napětí, po kterém následuje obnovení napětí během krátkého časového intervalu (ČSN EN 50 160). Doba trvání krátkodobých poklesů napětí je mezi 10 milisekundami a 1 minutou.

V současné době jsou výpočty spolehlivosti elektrických sítí stále více spojovány se dvěma problémy provozu elektroenergetické soustavy.

- Výpočet pravděpodobně nedodané energie, jehož základem je výpočet spolehlivosti, je v současné době stále více žádán. Po provedení ocenění nedodané energie budou výsledky výpočtu pravděpodobně nedodané energie jedním ze základních podkladů pro plánování investic a rekonstrukcí elektroenergetické soustavy.
- Dalším problémem je oblast údržby elektroenergetických zařízení. Snahou provozovatelů elektrických sítí je minimalizovat náklady na údržbu za předpokladu, že nedojde ke snížení spolehlivosti dodávky elektrické energie. Pro řešení této problematiky je nutno provádět výpočty spolehlivosti s respektováním údržbových prostojů a dále provádět příslušná ekonomická hodnocení. Snahou je provádět údržbu nikoli podle času, ale podle skutečného stavu zařízení a minimalizovat údržbové prostoje.

Výpočty spolehlivosti v elektroenergetice mají spoustu modifikací podle toho, co se od výsledků výpočtů očekává. Je nutno určit strukturu vstupních a výstupních dat a vazby výsledků spolehlivostních výpočtů na další matematické modely.

2.2 Číselné vyjádření spolehlivosti

Číselné vyjádření spolehlivosti může být velmi různé podle toho, z jakých vstupních údajů se vychází a jaké metodiky se použije.

Nejběžnějším klasickým vyjádřením spolehlivosti dle Rusek (2001) je:

- intenzita poruch λ (rok⁻¹),
- střední doba trvání poruchy τ (h),
- pravděpodobnost bezporuchového chodu R (-),
- pravděpodobnost poruchy Q (-),
- střední doba mezi poruchami t_S (h).

Intenzita poruch se vyjadřuje v počtu poruch za jednotku času (u zařízení v elektroenergetice zpravidla za rok). Střední doba trvání poruchy se udává v hodinách nebo ve dnech. Pravděpodobnost bezporuchového chodu se udává jako poměrné číslo (desetinný zlomek) nebo je udávána v procentech. Tato hodnota je vztažena na dobu, za kterou se pravděpodobnost určuje. Pravděpodobnost bezporuchového chodu (nebo poruchy) je i u zařízení s konstantní intenzitou poruch funkcí času, to je doby, na kterou se spolehlivost vztahuje. Součet pravděpodobnosti bezporuchového chodu a pravděpodobnosti poruchy téhož systému je roven 1 (100 %).

Pojem pravděpodobnost bezporuchového chodu často splývá s pojmem spolehlivost. Střední doba mezi poruchami se udává ve dnech nebo rocích a je to poměr celkové doby provozu k celkovému počtu poruch za tuto dobu. Střední doba mezi poruchami je úměrná převrácené hodnotě intenzity poruch. Tento výčet uvádí jen základní spolehlivostní veličiny. Uvedené veličiny vlastně nerespektují vliv opravy na daný prvek či systém. Proto je definováno ještě

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

mnoho dalších veličin, které vyjadřují spolehlivost s respektováním oprav, jako je udržovatelnost, míra udržovatelnosti, pohotovost, pohotovost k plnění úkolu a tak dále.

2.3 Pravděpodobnost bezporuchového chodu

Jednou ze základních spolehlivostních veličin je pravděpodobnost bezporuchového chodu, která souvisí s intenzitou poruch ve formě exponencionálního zákona poruch, viz Rusek (2001). Číselné vyjádření pravděpodobnosti bezporuchového chodu je dostatečně vypovídající pouze pro odborníky v oboru spolehlivosti, běžnému odběrateli elektrické energie nic neříká. Proto se v mnoha případech provádí číselné vyjádření pravděpodobnosti bezporuchového chodu nikoli z exponencionálního zákona, ale z celkových dob dodávky elektrické energie takto:

$$R = \frac{T_{DOD}}{T_{DOD} + T_{VYP}} = 1 - \frac{T_{VYP}}{T_{DOD} + T_{VYP}}, \quad (2.1)$$

kde T_{DOD} označuje celkový čas dodávky za určité období (h) a T_{VYP} je celkový čas výpadku za určité období (h).

Tento vztah je možno převést do tvaru, kdy je celková doba výpadku za rok vyjádřena pomocí intenzity výpadku λ a střední doby výpadku τ následovně:

$$R = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{8760}, \quad (2.2)$$

kde λ je intenzita poruch za rok (rok^{-1}) a τ označuje střední dobu trvání poruchy (h).

Uvedený vztah vlastně tvoří první dva členy nekonečné matematické řady

$$R = e^{-\lambda \tau} = 1 - \frac{\lambda \cdot \tau}{1!} + \frac{(\lambda \cdot \tau)^2}{2!} - \frac{(\lambda \cdot \tau)^3}{3!} + \frac{(\lambda \cdot \tau)^4}{4!} - \dots \quad (2.3)$$

Lze konstatovat, že hodnota pravděpodobnosti bezporuchového chodu vyjádřená vztahem (2.3) přibližně (v matematické řadě jsou uvažovány pouze první dva členy) odpovídá hodnotě pravděpodobnosti bezporuchového chodu vyjádřené exponencionálním zákonem v době $t = \tau$.

2.4 Pravděpodobně nedodaná elektrická energie

Jedním z důležitých výstupů spolehlivostních výpočtů je výpočet tzv. pravděpodobně nedodané elektrické energie. Význam této veličiny vyplývá přímo z názvu této veličiny.

Pro výpočet pravděpodobně nedodané elektrické energie je nutno znát kromě spolehlivostních ukazatelů také odebíraný výkon v daném uzlu elektrické sítě. Tato hodnota je ovšem proměnná, proto se určuje z průměrné hodnoty odebírané elektrické energie nebo z hodnoty maximálního odebíraného výkonu P_{MAX} a hodnoty doby využití maxima T_{MAX} .

Pro hodnotu pravděpodobně nedodané elektrické energie je pak možno napsat následující vztah:

$$W_N = \frac{\lambda \cdot \tau \cdot T_{MAX} \cdot P_{MAX}}{8760}, \quad (2.4)$$

kde P_{MAX} je maximální odebíraný výkon (kW) a T_{MAX} doba využití maxima ($\text{h} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Vztah mezi hodnotou pravděpodobně nedodané elektrické energie a hodnotou pravděpodobnosti bezporuchového chodu vyplývá ze vztahů (2.3) a (2.4):

$$W_N = (1 - R) \cdot T_{MAX} \cdot P_{MAX}. \quad (2.5)$$

Pravděpodobně nedodanou elektrickou energii při výpadku dodávky elektrické energie lze také stanovit z typických diagramů zatížení pro jednotlivé odběratele. Typické diagramy zatížení se stanoví z dlouhodobých měření a pomocí statistického zpracování naměřených dat. Tím získáme typické diagramy zatížení ve formě funkce času, z kterých lze určit pro odběratele pravděpodobně nedodanou elektrickou energii integrací této funkce od doby počátku výpadku do doby konce výpadku.

2.5 Spolehlivostní hodnoty z nedodané energie

Dle metodiky *Hodnocení spolehlivosti dodávky podle UNIPeDE* je jako základní ukazatel spolehlivosti dodávky elektrické energie *průměrné trvání přerušeni (PTP)*. Pro tento parametr platí vztah:

$$PTP = 8760 \cdot 60 \cdot \frac{W_N}{W_S}, \quad (2.6)$$

kde W_N je roční nedodaná energie ($\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$) a W_S roční spotřeba elektrické energie s vyloučením ztrát ($\text{MWh} \cdot \text{rok}^{-1}$).

Tento spolehlivostní ukazatel vychází z hodnoty nedodané elektrické energie při jednotlivých omezeních.

2.6 Globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie

Metody výpočtu spolehlivosti dodávky elektrické energie obvykle vedou k určení spolehlivosti dodávky elektrické energie v určitém bodě (nebo více bodech) elektrické sítě. Aby bylo možno vyčíslit spolehlivost dodávky elektrické energie do určené oblasti, musí být použity tzv. globální ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie.

Globální ukazatele vychází z doporučení mezinárodní organizace UNIPeDE. Volba těchto ukazatelů vychází z jejich dostupnosti pro jednotlivá zařízení a vhodnosti použití pro zvolenou metodu. Mezi základní globální ukazatele patří dle Rusek (2001):

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

- četnost (intenzita) výpadků (počet výpadků/rok/odběratele),
- celková doba trvání všech výpadků (min/rok/odběratele),
- doba trvání jednoho výpadku (min/výpadek).

Tyto ukazatele charakterizují střední průměrnou spolehlivost dodávky a její důsledky pro odběratele. Globální ukazatele spolehlivosti jsou v podstatě totožné s tzv. obecnými standardy kvality dodávky elektrické energie dle vyhlášky č. 540/2005 Energetického regulačního úřadu (Decision 155/02). Předmětem sledování jsou ve smyslu EN 50 160 události s dobou trvání delší než 3 minuty. Kratší jevy patří do oblasti elektromagnetické kompatibility.

Dle doporučení UNIPEDA lze stanovit globální ukazatele spolehlivosti dodávky z distribučních sítí vyvolaných náhodnými nebo plánovanými přerušeními dodávky třemi základními přístupy:

- důsledky výpadku se vztahují na počet odběratelů postižených výpadkem,
- důsledky výpadku se vztahují na nedodaný výkon (instalovaný nebo deklarovaný),
- důsledky výpadku se vztahují na počet postižených stanic nebo transformátorů.

Ukazatele se vypočtou podle jednoho z uvedených způsobů pro jednotlivé napěťové hladiny. Ve vyhodnocení musí být uvedeno, jakého postupu bylo při výpočtu použito. Jedna událost v distribuční soustavě může vést k několika výpadkům, které postihnou některé nebo všechny původně postižené odběratele a v některých případech i další odběratele. Ve výpočtu se musí uvážit všechny relevantní výpadky a jejich důsledky pro odběratele.

Pro variantu omezení odběratelů (lze stanovit počet postižených odběratelů a dobu trvání výpadku) platí, že četnost výpadků je

$$\lambda_G = \frac{\sum_j n_j}{N_s} . \quad (2.7)$$

Souhrnná doba trvání všech výpadků vztážená na jednoho odběratele je

$$\tau_{gr} = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{N_s} . \quad (2.8)$$

Doba trvání jednoho výpadku je

$$\tau_G = \frac{\sum_j (n_j \cdot t_j)}{\sum_j n_j} , \quad (2.9)$$

kde n_j je počet odběratelů ve skupině postižených odběratelů j (–), t_j označuje střední dobu trvání výpadku pro odběratele skupiny j (min) a N_s je celkový počet zásobovaných odběratelů (–).

Střední doba t_j se určí dle vztahu:

$$t_j = \frac{Z_1 \cdot (T_1 - T_0) + (Z_1 + Z_2) \cdot (T_2 - T_1) / 2 + Z_2 \cdot (T_3 - T_2)}{Z_1}, \quad (2.10)$$

kde T_0 je datum a čas začátku poruchy, T_1 je datum a čas začátku manipulací pro vymezení poruchy, T_2 je datum a čas konce manipulací pro vymezení poruchy, T_3 je datum a čas obnovení dodávky v úseku ovlivněném poruchou, Z_1 je počet zákazníků bez napětí v čase T_0 , Z_2 je počet zákazníků bez napětí v čase T_2 . Rozdíly dob $(T_1 - T_0)$, $(T_2 - T_1)$ a $(T_3 - T_2)$ musí být dosazeny v minutách.

Pro variantu omezení instalovaného výkonu (bere se v úvahu instalovaný výkon u postižených odběratelů) platí, že četnost výpadků je

$$\lambda_G = \frac{\sum_j l_j}{L_S}. \quad (2.11)$$

Souhrnná doba trvání všech výpadků vztážená na jednotku instalovaného výkonu je

$$\tau_{GV} = \frac{\sum_j (l_j \cdot t_j)}{L_S}. \quad (2.12)$$

Doba trvání jednoho výpadku je

$$t_G = \frac{\sum_j (l_j \cdot t_j)}{\sum_j l_j}, \quad (2.13)$$

kde l_j je instalovaný výkon ve skupině postižených odběratelů j (kVA), t_j je střední doba trvání výpadku pro odběratele skupiny j (min), L_S je celkový instalovaný výkon (kVA).

Střední dobu trvání výpadku t_j pro odběratele skupiny j :

$$t_j = \frac{P_1 \cdot (T_1 - T_0) + (P_1 + P_2) \cdot (T_2 - T_1) / 2 + P_2 \cdot (T_3 - T_2)}{P_1}, \quad (2.14)$$

kde P_1 je výkon v čase T_0 v kVA a P_2 je výkon v čase T_2 v kVA.

Pro variantu omezení distribučních trafostanic (bere se v úvahu počet postižených distribučních trafostanic VN/NN) platí, že četnost výpadků je

$$\lambda_G = \frac{\sum_j s_j}{S_S}. \quad (2.15)$$

Souhrnná dobu trvání všech výpadků vztažená na jednu DTS je

$$\tau_{GV} = \frac{\sum_j (s_j \cdot t_j)}{S_s}. \quad (2.16)$$

Doba trvání jednoho výpadku je

$$\tau_G = \frac{\sum_j (s_j \cdot t_j)}{\sum_j s_j}, \quad (2.17)$$

kde s_j je počet DTS ve skupině postižených odběratelů j (–), t_j označuje střední dobu trvání výpadku pro odběratele skupiny j (min), S_s je celkový počet DTS (–).

Střední doba trvání výpadku t_j je stanovena takto:

$$t_j = \frac{D_1 \cdot (T_1 - T_0) + (D_1 + D_2) \cdot (T_2 - T_1) / 2 + D_2 \cdot (T_3 - T_2)}{D_1}, \quad (2.18)$$

kde D_1 je počet distribučních stanic (DTS) bez napětí v čase T_0 , D_2 je počet distribučních stanic (DTS) bez napětí v čase T_2 .

Další ukazatele spolehlivosti dodávky elektrické energie mají rovněž charakter globálních ukazatelů spolehlivosti dle Rusek (2001).

- SAIFI – průměrná systémová intenzita poruch

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad (2.19)$$

- SAIDI – průměrná systémová doba trvání výpadku

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad (2.20)$$

- CAIDI – průměrná doba trvání výpadku u odběratele

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i}, \quad (2.21)$$

- *ASAI* – střední ukazatel spolehlivosti (odpovídá klasickému vyjádření pravděpodobnosti bezporuchového chodu *R*)

$$ASAI = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot 8760 - \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \tau_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i \cdot 8760}, \quad (2.22)$$

kde λ_i je intenzita výpadků v bodě „*i*“ sítě (rok⁻¹), N_i je počet připojených odběratelů v bodě „*i*“ sítě, τ_i je střední doba výpadku v bodě „*i*“ sítě (min).

Ukazatele používané ve světě mají sice na první pohled jiné definice než globální ukazatele spolehlivosti (varianta omezení odběratelů), ale ve své podstatě jsou shodné.

Lze konstatovat, že:

$$SAIFI = \lambda_G, \quad (2.23)$$

$$SAIDI = \tau_{GV}, \quad (2.24)$$

$$CAIDI = \tau_G. \quad (2.25)$$

2.7 Definice výpadků

Podstatný vliv na cenu nedodané energie má typ výpadku. Důsledky každého výpadku mohou být různé i v případech, kdy počátek výpadku a doba trvání je stejná. Proto musíme u výpadků rozlišovat:

- délku výpadku,
- rozsah výpadku,
- příčinu výpadku,
- předvídatelnost výpadku.

2.7.1 Délka výpadku

Rozdíly v důsledcích výpadků jsou způsobeny velmi často délkou výpadku. Ve většině evropských zemí jsou výpadky rozděleny dle normy ČSN EN 50160 na krátké do tří minut, dlouhé nad tři minuty a transienční v řádu milisekund. Toto rozdělení je platné pro napěťové hladiny do 35 kV.

V tabulce 2–1 jsou zobrazeny údaje o definici jednotlivých typů výpadků podle jejich délky v jednotlivých zemích EU podle Malaman (2003). V tabulce 2–2 jsou uvedeny informace o typech výpadků sledovaných v jednotlivých zemích EU.

2.7.2 Rozsah výpadku

Výpadek dodávky elektrické energie může postihnout různý počet odběratelů, lokální výpadky postihnou omezený počet odběratelů, při rozsáhlých výpadcích mohou být bez elektrické energie velké oblasti.

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

S rozsahem výpadku souvisí vzniklé škody, které při lokálních výpadech mohou být malé, nebo dokonce žádné. U rozsáhlých výpadků mohou být škody obrovské. Hlavní příčinou vzniku těchto výpadků jsou zkratové poruchy nebo chybná manipulace obsluhy. Vypnutím poškozeného prvku může dojít k přetěžování vedení a transformátorů, jejich postupnému vypínání ochranami a dochází k lavinovitému šíření poruchy, jejímž výsledkem může být rozpad elektrizační soustavy. K podobným výpadkům došlo v USA nebo Kanadě jak uvádí Billinton (2001). Obecně platí, že výpadek na vyšší napěťové hladině může způsobit větší škody a postihnout větší počet odběratelů. Na druhou stranu je na vyšší hladině napětí větší pravděpodobná možnost záložního napájení.

2.7.3 Příčina výpadku

Nalezení příčiny výpadku může být důležité, jestliže tato příčina způsobí rozsáhlý nebo dlouhodobý výpadek. Po nalezení příčiny výpadku je nutné

Tabulka 2–1 Definice výpadků

Definice výpadků podle délky			
Země	Transient	Krátký výpadek	Dlouhý výpadek
Rakousko			$T > 3 \text{ min}$
Belgie (Brusel)			$T > 3 \text{ min}$
Belgie (Vlámsko)		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Belgie (Valonsko)		$T \leq 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$
Česká republika	$T \leq 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Dánsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Estonsko			$T > 3 \text{ min}$
Finsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Francie	$T < 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} \leq T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Německo			$T > 3 \text{ min}$
Maďarsko	$T \leq 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$
Itálie	$T \leq 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Litva		$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$
Lucembursko			$T > 3 \text{ min}$
Holandsko			$T > 1 \text{ min}$
Norsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Polsko	$T \leq 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Portugalsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Rumunsko	$T \leq 1 \text{ sec}$	$1 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Slovinsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Španělsko	$T \leq 0,5 \text{ sec}$	$0,5 \text{ sec} < T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Švédsko		$T \leq 3 \text{ min}$	$T > 3 \text{ min}$
Velká Británie		$T < 3 \text{ min}$	$T \geq 3 \text{ min}$

provést opatření, která povedou k eliminaci výpadků se stejnou příčinou v budoucnu. Projevy extrémního počasí (vichřice, sněhová kalamita) mohou způsobit rozsáhlé výpadky a obnovení normálního provozu může trvat značně dlouhou dobu.

Některé výpadky jsou způsobeny příčinami, kterým není možné předejít ani při správném návrhu sítě a jednotlivých jejích komponent. Tyto události označujeme jako tzv. *kalamitní stavy* a jsou z běžného sledování spolehlivosti dodávky elektrické energie vyřazeny a bývají sledovány zvlášť. Příčiny, podle kterých jsou výpadky zařazeny mezi kalamitní stavy, jsou různé a v různých zemích je na jednotlivé příčiny pohlíženo odlišně.

Výjimečné události nebo jiné okolnosti mohou vést k poruše komponentů sítě a následně k výpadku i v případě, že jsou komponenty navrženy správně a jsou

Tabulka 2–2 Přehled typů výpadků sledovaných v EU

Výpadky členěné podle délky a sledované v zemích EU					
Země	Dlouhý výpadek	Krátký výpadek	Transient	Neplánovaný výpadek	Plánovaný výpadek
Rakousko	X			X	X
Belgie (Brusel)	X			X	X
Belgie (Vlámsko)	X	X		X	X
Belgie (Valonsko)	X			X	X
Česká republika	X			X	X
Dánsko	X	X		X	X
Estonsko	X			X	X
Finsko	X	X		X	X
Francie	X	X	X	X	X
Německo	X			X	X
Maďarsko	X	X	X	X	X
Itálie	X	X	X	X	X
Litva	X	X		X	X
Lucembursko	X			X	X
Holandsko	X			X	X
Norsko	X	X		X	X
Polsko	X	X		X	X
Portugalsko	X	X		X	X
Rumunsko	X			X	X
Slovinsko	X			X	X
Španělsko	X	X		X	X
Švédsko	X			X	X
Velká Británie	X	X		X	X

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

dodrženy veškeré bezpečnostní předpisy a normy. Takové výpadky jsou často mimo možnost ovlivnění provozovatelem elektrizační soustavy. Jedná se například o úmyslné poškození elektrických zařízení (vandalismus) nebo extrémní meteorologické podmínky.

Je nutné poznamenat, že extrémní meteorologické podmínky jsou v různých částech Evropy chápány odlišně, například sněhová bouře může být chápána jako výjimečná událost v Řecku, oproti tomu ve Švédsku tomu tak není a výpadky způsobené sněhovou bouří nejsou zařazeny mezi výjimečné události. Podobným příkladem jsou potom dlouhotrvající vysoké teploty, které jsou v Řecku považovány za normální, ale ve Švédsku mohou být vyhodnoceny jako kalamitní stav.

Další typ kalamitních stavů může být způsoben vnějšími příčinami, které vedou k sérii poruch komponentů elektrizační soustavy v krátkém časovém období, kdy poruchové čety nejsou schopny v krátkém čase zvládnout opravit velké množství poruch. Toto je případ extrémních povětrnostních podmínek, jako jsou například vichřice, dlouhotrvající sněžení, záplavy nebo jiná nestandardní meteorologická situace.

Obecně můžeme kalamitní stavy rozdělit do několika skupin podle jejich příčiny:

- výjimečné stavy,
- vyšší moc,
- stav nouze,
- kaskádní porucha,
- bezpečnostní situace,
- kritická energetická situace.

Příčiny výpadků běžně označované v evropských zemích jako kalamitní stavy z důvodu tzv. *vyšší moci*:

- zhroucení soustavy, teroristický útok a další události vyhodnocené regulačním úřadem jako kalamitní,
- nedostatek výkonu,
- útok z vnějších příčin,
- přírodní katastrofa,
- náhodná a nekontrolovatelná porucha třetí strany (požár, výbuch, pád letadla),
- záměrná likvidace (válka, nepokoje, terorismus) na příkaz státních úřadů (například z bezpečnostních důvodů),
- horší provozní podmínky, než pro jaké byla soustava dimenzována,
- bezpečnostní situace vyžadující zásah provozovatele soustavy,
- události, kdy je dodávka přerušena z bezpečnostních důvodů.

Obecně lze konstatovat, že za kalamitní situace jsou označovány stavy, kdy dojde k výpadkům velkého množství odběratelů.

2.7.4 Předvídatelnost výpadku

Předvídatelnost výpadku je důležitým aspektem ovlivňujícím cenu nedodané elektrické energie. Největší dopady mají náhodné výpadky, u kterých nelze předpovědět počátek výpadku ani dobu jeho trvání. V současné době lze bezpečně předpovídat jen výpadky z určitých důvodů, především z důvodu potřeby údržby či rekonstrukce prvků elektrizační soustavy. U těchto výpadků lze uskutečnit opatření k minimalizaci škod způsobených takovým výpadkem.

Z hlediska předvídatelnosti rozdělujeme výpadky na plánované a neplánované. Plánované výpadky jsou definovány v příslušné legislativě a musí být odběratelům s dostatečným časovým předstihem oznámeny tak, aby mohlo dojít ze strany odběratelů k eliminaci škod způsobených takovým výpadkem.

Délka doby, kdy musí být plánovaný výpadek oznámen, je různá a pohybuje se od 24 hodin až po 15 dnů. V České republice platí lhůta 15 dnů, naproti tomu Finsko a Švédsko nemají stanovená pravidla.

2.8 Blackouts

V současné době neexistuje přesná definice slova blackout, stručně řečeno se jedná o rozsáhlý výpadek dodávky elektrické energie postihující velké množství odběratelů na velkém území, často se jedná o výpadky postihující území několika států.

Během blackoutu může dojít k ochromení letecké i pozemní dopravy, výpadkům sítí mobilních operátorů, výpadkům dodávek pitné vody, výpadkům dodávky tepla, stejně tak i ke kolapsu celé infrastruktury. Jsou známy případy rabování, dochází k mnoha úrazům i úmrtím.

V tabulce 2–3 jsou uvedeny příklady blackoutu, které v posledních letech postihly odběratele v různých částech světa.

Obranu proti blackoutu má na starosti v České republice provozovatel přenosové soustavy ČEPS, a.s., který má za tímto účelem vypracován tzv. Plán proti šíření poruch v přenosové soustavě (Obranný plán). Obranný plán určuje základní principy a prostředky pro zajištění bezpečného provozu. Plán je zaměřen dle Samdal a kol. (2000) na:

- řízení propustnosti sítě,
- opatření proti přetížení,
- opatření proti kaskádovitému šíření poruchy,
- opatření proti poklesu a vzrůstu frekvence,
- opatření proti kývání,
- opatření proti ztrátě synchronismu.

Problematika oceňování nedodané energie v průmyslu

Tato opatření mají zajistit odolnost elektrizační soustavy proti poruchám, přesto může dojít shodou nepříznivých okolností a sérií poruch k částečnému nebo úplnému rozpadu soustavy.

Pravděpodobnost blackoutu je velmi malá, avšak i pro tyto případy je vypracován plán obnovy elektrizační soustavy tak, aby byla doba obnovy co nejkratší, a tedy i ekonomické ztráty všech postižených odběratelů minimální.

Postup obnovy napájení jednotlivých uživatelů soustavy je sestaven podle předem daných priorit. Nejprve je nutné obnovit napájení vlastní spotřeby jaderných elektráren, poté následuje obnovení vlastní spotřeby klasických systémových elektráren. Jestliže je zajištěno napájení základních priorit, je postupně obnovováno zásobování elektrickou energií v Praze a dalších velkých městech v ČR. Potom jsou postupně připojeni všichni ostatní odběratelé.

Strategie obnovy je založena na možnosti rychle získat elektrickou energii ze zahraničí. Elektrizační soustava ČR je propojena 10 vedeními 400 kV a 6 vedeními 220 kV s elektrizačními soustavami okolních států. V případě, že není možné elektrickou energii získat ze zahraničí, je vypracován záložní plán obnovy soustavy z vlastních zdrojů za pomoci vodních elektráren. Jedná se o využití vodní elektrárny Dalešice pro napájení rozvodny Slavětice a následně pak vlastní spotřeby elektrárny Dukovany při využití možnosti dálkově ovládat vodní elektrárnu Mohelno, která má schopnost *najetí ze tmy* a napájí následně vlastní spotřebu elektrárny Dalešice.

Další elektrárnou, která je schopna *najetí ze tmy*, je elektrárna Chvaletice. Ta využívá ke startu ze tmy vodní elektrárnu Orlik. Pro elektrárnu Temelín je k dispozici vodní elektrárna Lipno.

Tabulka 2–3 Příklady blackoutů

Území (stát)	Datum	Rozsah výpadku
Londýn	Srpen 2003	500 tisíc lidí
Dánsko a jižní Švédsko	Září 2003	5 milionů lidí
Itálie	Září 2003	56 milionů lidí
Švédsko	Leden 2005	341 tisíc lidí
Moskva	Květen 2005	10 milionů lidí
Německo, Francie, Itálie, Belgie	Listopad 2006	15 milionů lidí
Španělsko, Portugalsko, Rakousko		
USA (Seattle)	Prosinec 2006	1 milion lidí
USA (Texas), Kanada	Leden 2007	1 milion lidí
Brazílie	Srpen 2007	3 miliony lidí
Polsko	Duben 2008	400 tisíc lidí
USA	Září 2008	7,5 milionů lidí
Francie	Leden 2009	1,2 milionů lidí
Brazílie	Listopad 2009	50 milionů lidí

2.9 Literatura

- [2.1] BILLINTON, R. (2001). *Methods to consider customer interruption costs in power system analysis, technical report*. Cigré Task Force 38.06.01. Paris.
- [2.2] CALABRO, S.R. (1965). *Základy spolehlivosti a jejich využití v praxi*. SNTL Praha.
- [2.3] FOTR, J. (1995). *Podnikatelský plán a investiční rozhodování*. Nakladatelství GRADA.
- [2.4] KUBÍK, K. (1981). *Spolehlivostní problematika řídicích systémů jaderných elektráren*. Závěrečná výzkumná zpráva EGÚ Praha. Praha.
- [2.5] LANGSET, T. (2001). Quality dependent revenues – incentive regulation of quality of supply, world energy council. *Journal Energy & Environment* 13(4–5): 749–761.
- [2.6] OFGEM (2001). The Electricity Regulations. *Statutory Instrument*: 3265. UK.
- [2.7] PAVLOVSKÝ, B. (1982). *Ekonomika a řízení elektrizačních soustav*. SNTL Praha.
- [2.8] ROBERT, A. (2001). Quality issues for system operators with special reference to european regulators. Konference *CIREC*, Amsterdam.
- [2.9] RUSEK, S. (2001). *Spolehlivost elektrických sítí*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava.
- [2.10] SAMDAL, K., NORDGARD, D.E., FRETHEIM, S. (2000). Quality adjusted revenue caps. In sborník, *Distributech DA/DSM*, Vienna.
- [2.11] TŮMA, J., MARTÍNEK, Z., TESAŘOVÁ, M., CHEMIŠINEC, I. (2007). *Security, Quality and Reliability of Electrical Energy* (monografie v AJ), Praha: CONTE spol. s r.o. ČVUT Praha, PBTisk Příbram (+SW zpracování monografie pro PC).
- [2.12] TŮMA, J., RUSEK, S., MARTÍNEK, Z., CHEMIŠINEC, I., GOŇO, R. (2006). *Spolehlivost v elektroenergetice*. Praha: CONTE, s.r.o., ČVUT Praha, PBTisk Příbram.

Další zdroje

- [2.13] BOUŠE, V. (2000). *Metodické problémy hodnocení spolehlivosti elektrorozvodných systémů citlivých na krátkodobá narušení dodávky elektrické energie*. Referát. Aktuální otázky a vybrané problémy řízení elektrizační soustavy. Poděbrady.
- [2.14] ČEPS, a. s. Dostupné na www: <<http://www.ceps.cz>>.
- [2.15] ČSN EN 50 160. *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*. Český normalizační institut, červen 2000.
- [2.16] Decision 155/02 – Anex A. Continuity Code (Electricity supply) [online]. Autoritá per l'energia electrica e il gas, Italy, 2002. Dostupné z www: <<http://www.autorita.energia.it/inglese/155–02.htm>>.

- [2.17] MALAMAN, R. (2003). *Second Benchmarking Report on Quality of electricity supply* [on-line]. Council of European Energy Regulators, Working Group on Quality of Electricity Supply. Dostupné z www: <http://www.autorita.energia.it/inglese/_pub.htm>.
- [2.18] MALAMAN, R. (2001). *Quality of electricity supply: Initial Benchmarking on Actual Levels, Standards and Regulatory Strategie*. Council of European Energy Regulators, Working Group on Quality of Electricity Supply. Dostupné z www: <http://www.autorita.energia.it/inglese/eng_index_pub.htm>.
- [2.19] Vyhláška č. 540/2005 Sb. *o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice*. Energetický regulační úřad.
- [2.20] Zákon č. 458/2000 Sb. *o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*.
- [2.21] Zákon č. 586/1992 Sb. *o daních z příjmů*. Praha 1992.