

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Řízení rizik při předcházení krizových stavů v elektroenergetice

Patrik Ferbas

2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Patrik FERBAS**
Osobní číslo: **E15B0049P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Řízení rizik při předcházení krizových stavů
v elektroenergetice**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte úvod do problematiky řízení rizik ve vybrané oblasti elektroenergetiky.
2. Uveďte důvody pro uvažování řízení rizik.
3. Proveďte identifikaci rizik a jejich řízení na konkrétním případu.
4. Zhodnoťte přínosy aplikace řízení rizik.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. M. Crouhy, D. Galai, M. Robert, "The essentials of risk management", New York, 2006.
2. J. Shen, M. Zhang, "The Risk Management Analysis of Electric Power Engineering Project", Springer-Verlag GmbH, Berlin, 2012.
3. Publikace z databázi IEEE Xplore Digital Library, Scopus, atd.
4. Publikace CIGRE.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Mužík


Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce:


10. října 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

7. června 2018


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Křis, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2017

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na řízení rizik při předcházení krizových stavů v elektroenergetice. V této práci by měla být zjištěna pravděpodobnost přechodu Plzně do ostrovního provozu. K výpočtu bude vytvořena jednoduchá funkce v programu Matlab.

Klíčová slova

Ostrovní provoz, rizika, řízení rizik, pravděpodobnost, důvody uvažování rizik, bezpečnost.

Abstract

This submitted bachelor thesis is focused on the risk management in the prevention of crisis situation in electrical energy. In this work it should be counted the probability of transition to island operation of Pilsen. This probability will be calculated in a simple function created in Matlab.

Key words

Island operations, risk, risk management, probability, reasons for risk assessment, safety.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 6.6.2018

Patrik Ferbas

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Václavu Mužíkovi za jeho rady a čas, který věnoval této práci. Dále bych také chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiiích.

Obsah

ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 TEORETICKÝ ÚVOD	11
1.1 ETA	11
1.2 NORMATIVNÍ RÁMEC PROBLEMATIKY ETA.....	12
1.2.1 ČSN-EN 62502	12
1.2.2 IEC 31010:2011	15
1.3 ŘÍZENÍ RIZIK.....	16
1.3.1 Pravděpodobnost	18
1.3.2 Četnost.....	20
1.3.3 Ostrovní provoz	20
1.3.4 Systémový parametr.....	21
1.3.5 Lokální parametr	23
2 DŮVODY PRO UVAŽOVÁNÍ RIZIK.....	25
2.1 TEORIE CHYB.....	25
2.2 DŮVODY.....	25
2.3 SPOLEHLIVOST	28
3 ŘÍZENÍ RIZIK NA KONKRÉTNÍM PŘÍPADU	30
3.1 VÝPOČET PRAVDĚPODOBNOСТИ	31
3.1.1 <i>Bilance výkonů</i>	32
3.1.2 <i>Postup výpočtu pravděpodobnosti</i>	33
3.1.3 <i>Určené pravděpodobnosti</i>	35
4 VYHODNOCENÍ STROMU UDÁLOSTÍ.....	39
5 IDENTIFIKACE RIZIK NA KONKRÉTNÍM PŘÍPADU.....	40
6 PŘÍNOSY APLIKACE ŘÍZENÍ RIZIK	41
7 ZÁVĚR.....	43
ZDROJE.....	44

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá řízením rizik v elektroenergetice. Důležité je, aby se o těchto rizicích vědělo a uvažovalo se při dalších postupech návrhu systémů. Dva nejdůležitější parametry sítě jsou napětí (U) a frekvence (f) v síti. Napětí podle kodexů přenosové soustavy společnosti ČEPS a.s. může kolísat v mezi $\pm 10\%$. Frekvence takový rozsah nemá, její rozsah je mnohem menší, jelikož i malé změny frekvence mohou způsobit velmi velké škody zejména na točivých strojích.

V kapitole 3.1 nastane výpočet pravděpodobnosti přechodu města Plzně do ostrovního provozu. Tento provoz by měl být využit jako prostředek pro zajištění dodávky elektrické energie, když v elektrizační soustavě nebude dostatek energie, nebo by došlo k výpadku elektrické energie (blackout), a nebo by došlo k jiným krizovým stavům. Při výpočtu této pravděpodobnosti přechodu Plzně do ostrovního provozu by měly být zjištěny slabé místa stromu událostí, který bude použit k tomuto výpočtu. Z teorie stromu událostí plyne, že cesta k události, kterou chceme aby nastala, musí být co nejkratší, aby se její pravděpodobnost nastání nesnižovala násobením předchozích dílčích pravděpodobností. Naopak cesta k nechtěné události, v tomto případě neúspěšného přechodu do ostrovního provozu nebo také blackoutu, musí být co nejdelší, aby tato pravděpodobnost byla co možná nejmenší.

Seznam symbolů a zkratk

P	–	výkon [W]
PE	–	Plzeňská Energetika a.s.
PT	–	Plzeňská Teplárenská a.s.
T_m	–	časová konstanta [s]
f	–	frekvence [Hz]
S_{NG}	–	výkon generátoru elektrárny [MW]
P_S	–	pravděpodobnost úspěchu [-]
P_F	–	pravděpodobnost neúspěchu [-]
ČEPS	–	Česká přenosová soustava
ES	–	elektrizační soustava

1 Teoretický úvod

1.1 ETA

Event tree analysis v češtině analýza stromu událostí slouží pro vyhodnocení průběhu procesu a jeho událostí vedoucích k možné nehodě. Tato metoda se uplatňuje také v oblasti řízení bezpečnosti. Metoda byla vyvinuta na žádost jaderného průmyslu po nehodě v elektrárně Three Mile Island. Princip je podobný jako u metody FTA (Analýza stromu poruchových stavů) s tím rozdílem, že ETA zkoumá i možné rizika nejen poruchové stavy. Metoda ETA se může použít pro systematické popsání serií činností bezpečnostního systému. Je vhodná pro analýzu složitějších systémů. Používá se pro identifikaci a analýzu systémových, projektových a procesních slabých míst systému. Výsledkem je sada doporučení, které mají snížit pravděpodobnost vzniku těchto slabých míst a tím snížení nehodovosti a následků. Metoda ETA je součástí normy IEC 62502 - Event Tree Analysis a také normy ČSN-EN 62502 - Techniky analýzy spolehlivosti - Analýza stromu událostí (ETA). [1]

Při tvoření stromu událostí by se měly dodržovat určité kroky.

1. Definovat systém – zdroje, propojenost.
2. Identifikování následků rizik
3. Identifikovat iniciační událost
4. Vyhledat průběžné události
5. Vytvořit strom událostí.
6. Vypočítat pravděpodobnost selhání.
7. Určit výsledné riziko selhání
8. Vyhodnotit každé riziko – vyhodnotit následky, přijatelnost.
9. Doporučit bezpečnostní opatření – pro snížení následků rizik
10. Dokumentovat ETA a aktualizovat data. [2]

1.2 Normativní rámec problematiky ETA

1.2.1 ČSN-EN 62502

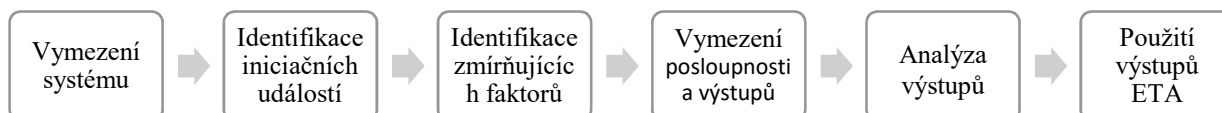
Analýza stromu událostí, jinak také ETA, je induktivní postup modelování možných výstupů, které mohou zapříčinit iniciační události a stavu zmírňujících faktorů, jakož i postup identifikace a posuzování četnosti nebo pravděpodobnosti různých možných výstupů dané iniciační události. Grafické znázornění vyžaduje dodržování konzistence značek, identifikátorů a návěstí. Pokud událost nastane označí se velkým písmenem abecedy např. A, její pravděpodobnost se poté značí $P(A)$. Od doby, kdy nastane iniciační událost se při sestrojování stromu ETA zabývá otázkou „co nastane když?“. Na základě této otázky získá analytik různé možné výstupy a může zkonstruovat strom. Je velice důležité, aby byl vytvořen takový seznam iniciačních událostí, aby bylo zajištěno, že strom událostí zobrazuje všechny různé možnosti a posloupnosti událostí v konstruovaném systému. Z hlediska kvality ETA napomáhá zjistit všechny potenciální scénáře nehod a možnými slabými místy v systému. Příkladem nevýhody ETA je nutnost pozorně uvažovat časově závislý vývoj, protože s ním lze vhodně zacházet pouze ve vyjimečných případech. Tato nevýhoda vedla k sestrojení velice souvisejících metod, jako například metoda analýzy dynamického stromu událostí (Dynamic Event Tree Analysis). [3]

Analýza ETA má tyto konkrétní přednosti:

- a) Možné využití pro všechny typy systémů
- b) Zobrazení řetězců událostí po nastání iniciační události
- c) Schopnost posoudit více současně existujících poruchových stavů
- d) Funguje současně v oblasti poruchy/selhání i úspěchu
- e) Identifikují se při ní koncové události, se kterými se jinak nemuselo počítat
- f) Určují se možné jednobodové poruchy (zranitelnost systému)
- g) Umožňuje rozpoznání a sledování cesty šíření poruchy
- h) Umožňuje vytvořit rozklad velkých a složitých systémů na menší části

1.2.1.1 Postup sestavení ETA

Následující obrázek popisuje průběh tvoření stromu událostí podle normy ČSN-EN 62502. Ačkoliv se jedná o přímočarý proces, musí mít analytik na mysli, že je konstrukce stromu událostí velmi iterativní proces.



Obr. 1 – Proces rozvoje stromů událostí

Krok 1 – Vymezení systému nebo činnosti, které jsou předmětem zájmu

Analýza pomocí ETA se zaměřuje na to, jak se může iniciační událost vyvinout k nehodě prostřednictvím selhání mnoha zmírňujících faktorů. Proto je nejdůležitější krok k efektivnosti pečlivé rozpoznání a zkoumání zmírňujících faktorů.

Krok 2 – Identifikace iniciačních událostí, které jsou předmětem zájmu

V tomto kroku se zahrnuje použití všeobecné techniky identifikace nebezpečí, to znamená, že hledáme možnosti, které může vyvolat určitá událost. Je to předběžné hodnocení nebo analýza rizika, aby se ytematicky vyhodnotily všechny činnosti v předmětu zkoumání.

Krok 3 – Identifikace zmírňujících faktorů a fyzických jevů

Jakmile si vymežíme iniciační událost, je také nutné si vymežit všechny zmírňující faktory, které jsou nutné ke zmírnění výstupů nebo celkových scénářů nehod, a také je velmi důležité tyto faktory řadit podle času zásahu. V každé funkci musí být vyjmenován seznam možných úspěchů a poruch. Každý tento seznam úspěchů a poruch sdružený s nějakým zmírňujícím faktorem způsobí větvení stromu událostí, které se nutně neomezuje pouze na uzel se dvěma větvemi.

Krok 4 – Vymezení posloupností a výstupů a jejich kvantifikace

V tomto kroku musí analytik:

- Určit logický průběh od iniciační události přes zmírňující faktory k možnému výstupu
- Rozpoznat závislosti mezi zmírňujícími faktory
- Vysvětlit podmíněné reakce jednoho systému za předpokladu zásahu předchozího systému
- Vytvořit strom událostí

Pochopitelně ne všechny iniciační události musí nutně vést ke katastrofickým výstupům a také ne každý zmírňující faktor je aktivován jako reakce na každou událost, která nastane.

Doporučený postup konstrukce stromu událostí:

- a) Iniciační událost umístíme na levou stranu stromu
- b) Zmírňující faktory se umísťují napříč v horní části stromu, například chronologicky podle toho, jak budou ovlivňovat průběh nehody
- c) Identifikuje se úspěch, ten se znázorňuje ve vzestupné větvi, a porucha, tu znázorňujeme ve větvi sestupné.

Krok 5 – Analýza výstupů

Konečné výstupy jsou v analýze ETA určeny koncovým bodem každé větve stromu. Každý výstup se může hodnotit kvalitativně nebo kvantitativně. V kvalitativním hodnocení identifikuje výstup posloupnosti událostí, které jsou způsobeny vyvoláním iniciační události. Kvantitativní hodnocení nabízí lepší náhledy na důležitost zmírňujících faktorů, protože výstup je v tomto případě reprezentován četností.

Krok 6 – Použití výsledků analýzy ETA

Výsledky této analýzy byvají používána jako základ k rozhodování, který slouží k vybrání nejoptimálnějšímu řešení daného problému z hlediska bezpečnosti a pro zlepšení spolehlivosti.

Rozhodování, mohou být vyjádřena takto:

- a) Schopnost posoudit přístupnost nebo přijatelnost rizika: „Je nebo není možné připustit výsledky, při kterých se bere v úvahu přidružená škoda vzhledem k příslušnému kritériu přijatelnosti.“
- b) Potenciální zlepšení: „Identifikuje faktory snižující riziko a příslušné změny prozkoumané architektury systému za účelem splnění kritérií přijatelnosti.“
- c) Doporučení pro zlepšení:
 - a. Modifikace zařízení
 - b. Změna postupu
 - c. Změna administrativní politiky (plánování, výcvik)
- d) Oprávnění na rozvržení zdrojů: „Odhadne se jak implementace doporučení na zlepšení ovlivní funkčnost.“ [3]

1.2.2 IEC 31010:2011

Tato norma je podpůrnou normou k normě ISO 31000 a účelem této normy je poskytnout návod k volbě a aplikaci systematických technik pro posuzování rizik. Posuzování rizik dle normy přispívá k ostatním činnostem managementu rizik. V této normě je uvedena řada aplikace řady technik se speciálními odkazy na jiné normy, ve kterých je uveden přesnější postup při posuzování rizik. Neuvádí specifická kritéria pro zjištění analýzy rizik, ani nespecifikuje typ metod analýz rizik, který je požadován pro určitou aplikaci.

Posuzování rizika je celkovým procesem identifikace rizik analýzy i hodnocení. Rizika mohou být posuzovány na úrovni organizace, oddělení, projektů nebo jako specifická rizika. V různých kontextech se mohou hodit různé nástroje a techniky. [4]

Při posuzování rizik je důležité pochopit riziko, jeho příčinu, následek a pravděpodobnost. Všechny tyto parametry jsou vstupem pro rozhodování o následujících událostech:

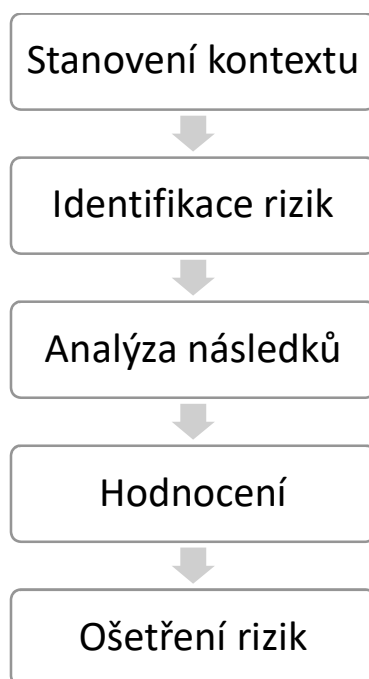
- Má být činnost podniknuta
- Jak maximalizovat příležitosti
- Je třeba ošetřit riziko
- Volba mezi možnými varianty rizik
- Stanovení priority u možností ošetření rizik
- Volba strategie ošetření rizik

Analýza následků zjišťuje povahu a typ dopadu při předpokladu, že se vyskytla určitá nečekaná situace nebo okolnost události. Rozsah dopadů může mít různé velikosti a může ovlivnit řadu různých cílů.

Analýza rizik zahrnuje:

- Zohlednění existujících prvků řízeného rizika s cílem ošetřit následky
- Uvedení následků rizik do spojitosti s původními cíli
- Zohlednění okamžitých následků, ale i následků, které se mohou objevit po uplynutí určité doby, pokud je to v rozsahu posuzování
- Sekundární následky tzn. dopad na přídružné systémy, činnosti nebo organizace

Stanovením kontextu se rozumí, že se vymezí základní parametry pro řízení rizik a nastaví se rozsah platnosti a kritéria pro zbytek procesu. [4]



Obr. 2 – Příspěvek posuzování rizik k procesu managementu rizik [4]

1.3 Řízení rizik

Řízení rizik je oblast zaměřující se na analýzu a snižování rizik pomocí různých metod prevence rizik, které odhalují budoucí rizika a eliminují existující. Řízení rizik je opakující se souhrn navzájem provázaných činností, který má za cíl eliminovat rizika, tedy snížit pravděpodobnost výskytu, nebo snížit dopady. Každé sociální zaměření má svá rizika. My

se zaměříme na ta technická. Zásadní pro řízení rizik je jejich analýza. Pomocí analýzy rizik se zjišťuje míra hrozby, které riziko způsobí, jak moc jsou její aktiva vůči těmto hrozbám zranitelná, jak vysoká je pravděpodobnost, že hrozba nastane, jaký dopad to může mít a zda nějaké riziko nevyvolá další nežádoucí jev. Mezi nejpoužívanější metody řešení patří: [5]

- ETA (Event tree analysis) - analýza stromu událostí
- BASEL I - pravidla kapitálové přiměřenosti týkající se provozních rizik bank
- FMECA - analýza možných vad a jejich kritických následků
- Six Sigma - Efektivní využívání zdrojů a zvyšování produktivity, maximalizace zisku

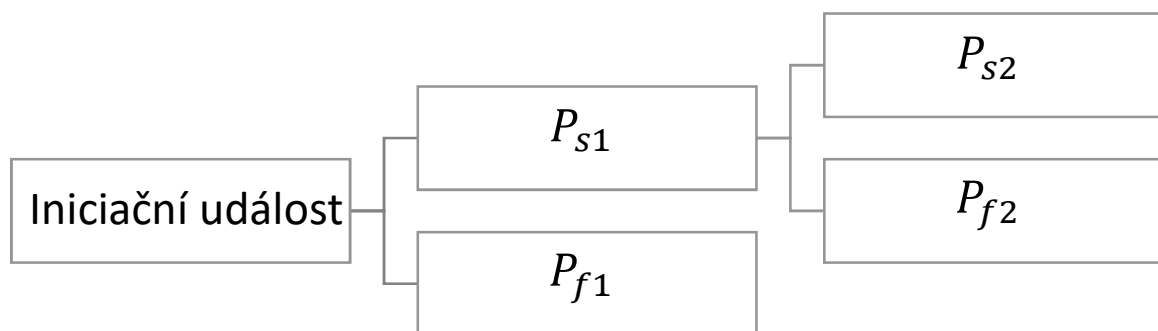
Riziko představuje děj, při kterém vznikají nežádoucí události. V elektroenergetice si to můžeme představit jako rizika, která vedou k tomu, že bude nutné, aby se město dostalo do ostrovního režimu. K tomuto může vést hned několik situací např. přebytek el. Energie v síti atd. [5]

Nejdůležitějšími charakteristikami rizika jsou:

- Míra pravděpodobnosti rizika – pravděpodobnost, že riziko nastane
- Úroveň rizika
- Dopady rizika – důsledky, které se projeví, pokud nastane riziková situace
- Předvídatelnost rizika – šance, že riziko lze předem identifikovat a předvídat
- Míra ovlivnitelnosti rizika
 - Ovlivnitelná
 - Částečně ovlivnitelná
 - Neovlivnitelná
- Vztah k organizaci
 - Interní rizika - tyto druhy rizik může subjekt ovlivňovat a řídit, projevují se uvnitř organizace
 - Externí rizika - tyto druhy rizik subjekt nemůže přímo ovlivňovat, jedná se o faktory prostředí
- Míra akceptovatelnosti (přijatelnosti, únosnosti)

- Nezbytná (nutná)
- Únosná (přijatelná)
- Neúnosná (nepřijatelná)
- Rozsah působení
 - Systematická - tento typ rizika platí pro všechny podnikatelské subjekty
 - Nesystematická - tento typ rizika platí pouze pro určitý obor podnikání

1.3.1 Pravděpodobnost



Obr 3 – Výpočet pravděpodobnosti

V obrázku popisující pravděpodobnost je vidět, že jedna iniciační událost může vyvolat další dvě. Pokud událost nastane vyvolá P_{s1} , pravděpodobnost úspěchu, a pokud nenastane vyvolá se P_{f1} . V popisovaném obrázku může nastat ještě další dělení pokud nastane P_{s1} . Čím delší je strom událostí, tím je menší pravděpodobnost úspěchu celého stromu.

Při řízení rizik je důležité vyšetřit, jak velké následky může mít za následek chyba systému. Naší hlavní podmínkou je, aby energie vyrobená se rovnala, nebo byla větší než spotřeba v Plzni. Poté je také důležité, zda se Plzeň při velkém výpadku externích zdrojů energie dá propojit do ostrovního režimu, jelikož v normálním provozu je Plzeň rozdělena na dvě části. Důležité je také uvažovat, že pokud používáme strom událostí, tak podmínka

může být splněna nebo ne.

To znamená, že součet pravděpodobnosti úspěchu podmínky a pravděpodobnost neúspěchu musí dát ve výsledku

$$P = P_{s1} + P_{f1} = 1 [-] \quad (1.0)$$

Když se postupuje ve stromu událostí dále a dále a chceme zjistit, jaká bude pravděpodobnost neúspěchu, tak všechny dílčí pravděpodobnosti v jedné větvi stromu musíme mezi sebou vynásobit

$$P_s = P_{s1} \cdot P_{s2} \quad (1.1)$$

Při řízení rizik je důležitá znalost systému, který chceme řídit. Poté zjistit možné dělení stromu a zjistit, co události způsobí. Tato rizika vyvolají určité následky, před kterými se chceme chránit, aby nepoškodily systém. Když zjistíme následky, tzn velikost poškození, můžeme zjistit, jaké jsou možnosti předcházení rizikům. Zmírnění rizik může být např. vyhybat se stavu (např. odklánět energii určitou částí systému), převod energie, zmírnění zatížení a udržení systému. [6]

Vstupní data:

Jako vstupní data byly použity data z Plzeňské Energetiky a Plzeňské Teplárenské za tři měsíce leden, únor a březen. Tyto data byly pojmenovány VyrobaPT.mat a VyrobaPE.mat. Pomocí těchto dat se spočítá v Matlabu pravděpodobnost, jestli fungují zdroje elektrické energie v ostrovním provozu. Další data byly OstrovPE_suma.mat a OstrovPT_suma.mat. Tyto data pokud jsou kladná, znamená to že je ostrov importní a má nedostatek elektrické energie. Pokud jsou čísla záporná elektrické energie je přebytek a může dodávat energii do sítě. Celková spotřeba ostrovního provozu se vypočítá:

$$P = (\text{OstrovPE_suma.mat} + \text{OstrovPT_sum.mat}) - (\text{VyrobaPE.mat} + \text{VyrobaPT.mat}) \quad (1.2)$$

1.3.2 Četnost

Statistické pozorování bývá tříděno podle znaků kvantitativních a kvalitativních. Počet pozorování spadajících do dané třídy se nazývá četnost této třídy. Četnostní tabulka zpravidla slouží k preztnaci častokrát se opakujících hodnot v souboru. V prvním sloupci takové tabulky bývá pořadové číslo údaje (i), v sloupci druhém bývají hodnoty, teré se v souboru alespoň jednou objevily (x_i) a ve třetím sloupci jsou počty, kolikrát se v souboru objevily, to znamená jejich absolutní četnost (n_i). [12]

1.3.3 Ostrovní provoz

Ostrovní provoz je definován jako stabilní, mimořádný provoz části elektrizační soustavy po jejich oddělení od ostatní soustavy jako důsledek poruchy, do které může pracovat několik zdrojů (bloků, elektráren). Lze tedy říci, že ostrovní provoz vzniká většinou po poruše, kdy postižená část ztrácí synchronní spojení se zbytkem soustavy a pracuje asynchronně (s frekvencí odlišnou od jmenovité). OP jako podpůrná služba ČEPS – „Ostrovní provoz je schopnost elektrárenského bloku pracovat do vydělené části vnější sítě, tzv. ostrova. Ostrovní provoz se vyznačuje velkými nároky na regulační schopnost bloku. Tato schopnost je nezbytná pro předcházení a řešení stavu nouze. Vyznačuje se značnými změnami frekvence a napětí v souvislosti s tím, že blok pracuje do izolované části soustavy.“

Ostrovní provoz je tedy schopnost elektroenergetického systému pokrývat nezávisle na provozu a dodávce elektrické energie z nadřazené soustavy (ať už distribuční nebo přenosové) svojí vlastní spotřebu a současně zajišťovat činnosti spojené s udržením kvality elektrické energie na dobu nezbytně nutnou. [6]

Tab. č. 1. FREKVENČNÍ MEZE PRO HODNOCENÍ STABILITY PŘECHODU DO OP [7]

1. Mez	49,8 Hz	Pokles pod předepsanou f
2. Mez	49,2 Hz	Dosažení bezp. meze
3.-6. Mez	49,0 – 48,1 Hz	Aktivace stupňů FO
1. Mez	47,5 Hz	Aktivace odpojení zdroje

Pro hodnocení kvality dodávky elektrické energie máme dva ukazatele - **systémový** a **lokální**.

1.3.4 Systémový parametr

Systémový parametr je frekvence, kterou hlídáme, aby byla v celém systému stejná tzn 50 Hz. Výkon odebíraný ze sítě je závislý na napětí a frekvenci ($f \approx P$). Frekvence musí být během většiny roku (99,5%) v rozmezí 49,5-50,5 Hz. Bilance činných výkonů platí v ES, při jeho změnách dochází ke změnám frekvence i napětí. Platí to i opačně tzn. při změnách frekvence se změní zatížení sítě. Při menších změnách frekvence se regulace provádí na straně generátorů. Zvýší-li se nebo sníží výkon zátěže nebo dojde k výpadku některého výkonu ze strany paralelně spolupracujících generátorů, je výkonová bilance dorovnáována zvýšením nebo snížením výkonů zdrojů zařazených do regulace frekvence. Pokud frekvence je pod přípustnými mezí používá se krizový nástroj regulace. V každé regulaci je důležité, abychom snížili ΔP na pravé straně pohybové rovnice. Snížení tohoto parametru bude mít za následek, že se sníží také Δf . Jako krizový nástroj při regulaci frekvence slouží například odlehčování sítě, kdy se vypíná postupně zatížení dokud frekvence nedosáhne 50 Hz. Po dosažení této hranice se musí v elektrárnách přidat výkon, aby se mohli připojit odpojené části. K regulaci může také sloužit stejnosměrná spojka. Tato spojka se skládá z usměrňovačů, střídačů, transformátorů, filtrů a kompenzačních prostředků. Tyto prvky slouží k propojení nesynchronně pracujících soustav stejnosměrným přenosem na nulovou vzdálenost.[8] Při přechodu do ostrovního provozu může vzniknout velký rozdíl mezi vyráběnou energií a mezi aktuální spotřebou. Velký rozdíl mezi výrobou a spotřebou způsobí velkou změnu frekvence, která může být menší než dovolená hodnota. To by způsobilo, že ostrovní provoz nemůže nastat a muselo by dojít k regulaci frekvence například k odlehčování sítě.

Stupeň/frekvence [Hz]	1./49	2./48,7	3./48,4	4./48,3	5./48,1	6./48,0
Objem odlehčení [%]	10	10	10	2	10	8

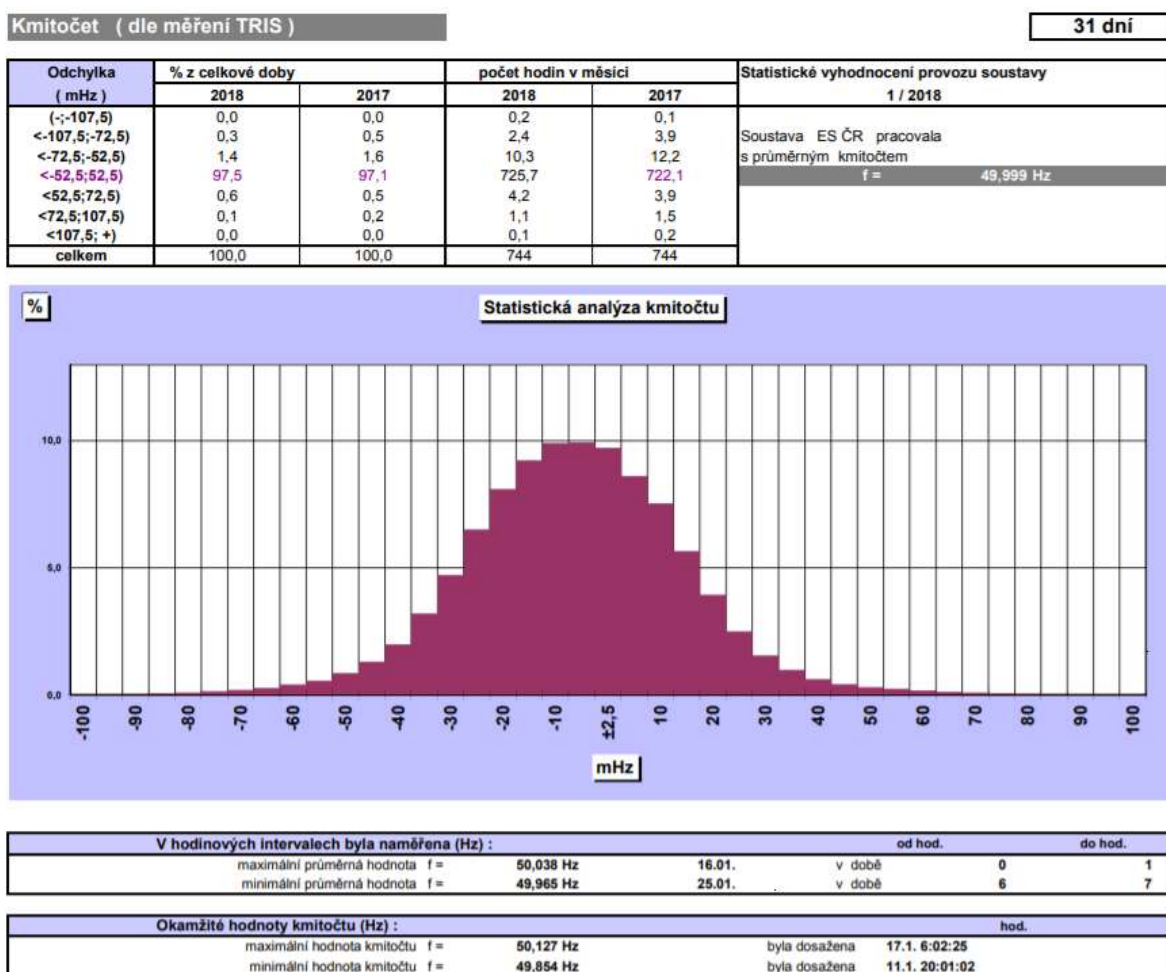
Tab. č. 2 Systémové frekvenční odlehčování [10]

Když dojde k výpadku elektrické energie, dochází k přechodnému stavu, kdy se mění pracovní bod soustavy a změní se frekvence. Ustálený chod soustavy napájené z jednoho fiktivního zdroje (sloučení dvou zdrojů) lze popsat pohybovou rovnicí.

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T + M_E \left[kg \cdot m^2; \frac{rad}{s}; N \cdot m \right] \quad (1.3)$$

Z rovnice J vyjadřuje moment setrvačnosti soustrojí, $\frac{d\omega}{dt}$ vyjadřuje změnu úhlové rychlosti v závislosti na čase a na pravé straně M_T a M_E vyjadřují moment na hřídeli a moment elektrický. Při znalosti několika vztahů se tato rovnice dá značně zjednodušit do tvaru. Následující rovnice je upravená rovnice 1.3 s využitím parametrů zdroje T_m a S_{NG} .

$$\frac{T_m \cdot S_{NG}}{f_n} \cdot \frac{df}{dt} = P_T + P_E = \Delta P [s, MVA; Hz; Hz; MW] \quad (1.4)$$



Obr 4 – Měsíční hodnocení frekvence ČEPS a.s. [11]

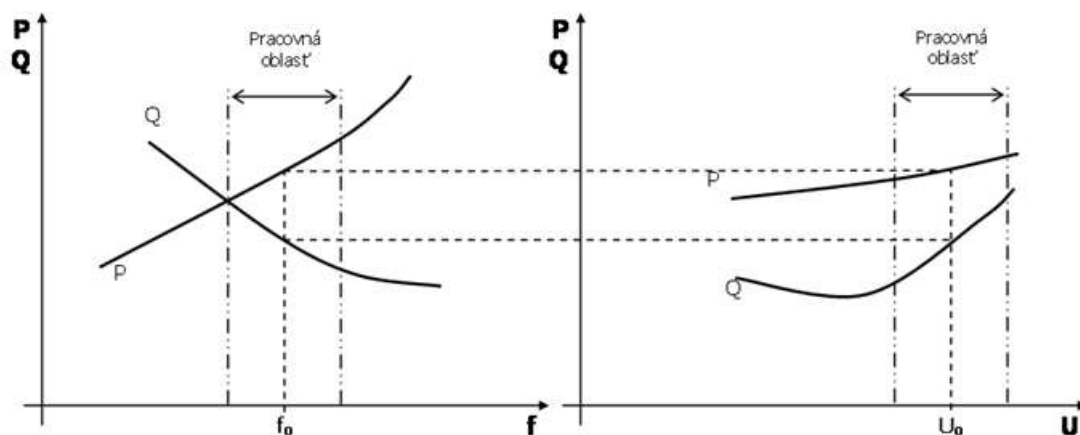
V obrázku hodnocení frekvence v měsíci lednu je vidět, že nejmenší okamžitou hodnotou byla 49,854 Hz. Největší četnost měla odchylka <-52,5;52,5> mHz. Tato odchylka byla naměřena v 97,5 % celkového času v tomto měsíci. [11]

1.3.5 Lokální parametr

Lokální parametr je velikost napětí, které hlídáme lokálně v uzlech elektrické soustavy, v transformátorech, u zdrojů atd. Pokles napětí není tak nebezpečný, jako pokles frekvence, změna napětí je uměrná změně jalového výkonu ($U \approx Q$). Vlivem připojování a odpojování zátěží vzniká úbytek napětí v síti. Úbytek napětí také vzniká v rozvodném systému, tento úbytek se musí předem vypočítat, aby u posledního odběratele úbytek napětí nepřekročil 10%. Z důvodů spolehlivosti spotřebičů připojených k síti je potřeba, aby se průběh napětí u spotřebiče co nejvíce přibližoval svým tvarem sinusovému průběhu. Symetrie mezi fázemi znamená, že fáze mají stejnou velikost napětí v každé ze tří fází a fázový posun napětí v každé fázi o 120° elektrických. Na tvar průběhu napětí má vliv také rušení. Zdroje rušení se dělí na umělé například motory, spínače, elektroenergetické rozvody, výkonové polovodičové měniče, počítače, zářivky, obloukové pece atp. a přirozené zdroje rušení. Přirozené zdroje rušení mohou být například Slunce nebo atmosférické výboje. Toto rušení může způsobit změnu tvaru průběhu napětí znázorněné níže na obrázku. [13]

V přenosové soustavě tvoří opatření proti poklesu napětí hierarchický komplex, který se sestává z primární, sekundární, terciární regulací napětí a mimořádných zásahů v provozu elektrické soustavy. Každý blok elektrárny, který má výkon větší než 100 MW je opatřen automatickými regulátory buzení. Tyto regulátory mají za úkol udržovat hodnotu napětí na svorkách generátoru, což je primární regulace. Sekundární regulace má za úkol udržování velikost napětí v pilotních uzlech soustavy na hodnotách určených terciární regulací napětí. Úkolem terciární regulace napětí je koordinovat toky jalových výkonů a velikost napětí pro bezpečný a ekonomický provoz ES. Podmínkou bezpečného provozu je zachování nezbytné točivé rezervy jalového výkonu v síti pro aktuální provozní stav, ale i pro zachování stability systému v případě náhlých změn, jako je například výpadek velkého bloku nebo prudký nárůst zatížení v síti. Dále se napětí reguluje v transformátorech. Každý transformátor 400/220 kV, 400/110 kV, 220/110 kV obsahuje přepínač odboček pod zatížením. Transformátory se sekundárním napětím 110 kV jsou vybavovány hladinovými regulátory. Hladinové regulátory udržují na sekundární straně konstantní napětí určitou necitlivostí a časovou konstantou. Časové zpoždění spočívá v rychlejší regulaci transformátorů na vyšších napěťových hladinách a tím předchází hromadným regulacím transformátorů na nižší napěťové hladině. Po vyčerpání regulačních schopností je soustava vybavena dostatečným množstvím kompenzačních tlumivě rozmístěné na hladinách 400 kV, 34 kV a 10,5 kV. Tyto

kompenzační tlumivky zamezí překročení horní meze velikosti napětí v síti. [14]



Vlivem změny frekvence (f) a změny napětí (U) dochází v elektrizační soustavě (ES) u spotřebičů ke změnám odebíraných výkonů. Vliv napětí na odebírané jalové výkony (Q) je velmi vysoký, a frekvence má větší vliv na činný výkon než napětí. [15]

2 Důvody pro uvažování rizik

2.1 Teorie chyb

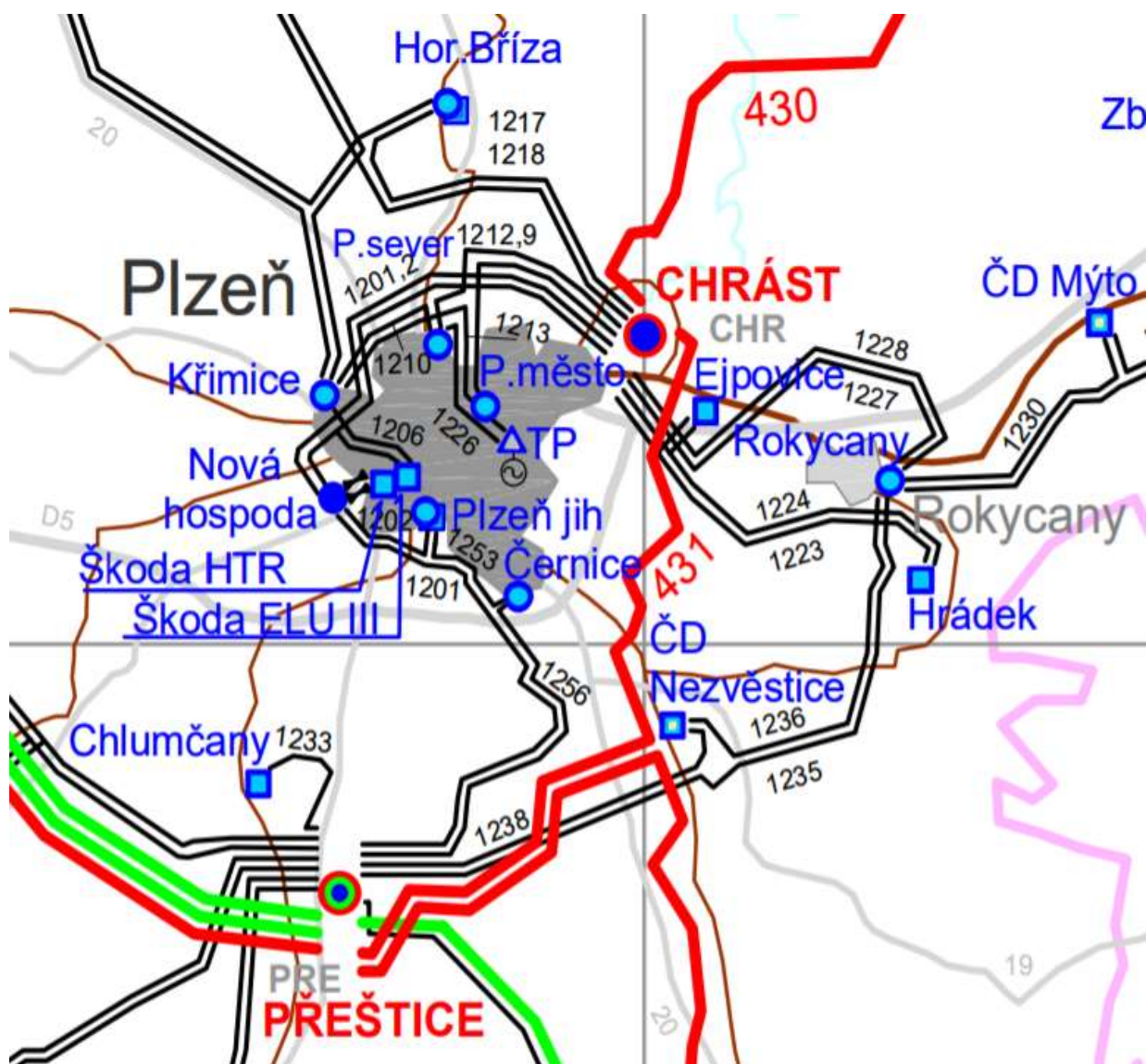
Každé měření může být ovlivněno chybami. Některé chyby mohou vzniknout samotným měřením, zvolením špatné měřicí metody nebo porušením předepsané metody. Proto je potřeba o těchto chybách vědět a zde jsou některé z nich:

- Chyby soustavné – tato chyba je způsobena nepřesností přístroje nebo výběrem špatné měřicí metody.
- Chyby hrubé – tato chyba je způsobena omylem nebo opomenutím základního pravidla měření
- Chyby náhodné – tyto chyby jsou vytvořeny nepravidelnými nebo náhonými vlivy
- Chyby absolutní – toto jsou odchylky od skutečné hodnoty měřené veličiny
- Chyba relativní – je poměr absolutní chyby ke skutečné hodnotě měřené veličiny

[12]

2.2 Důvody

V energetice je velmi důležité uvažovat rizika. To hlavně kvůli kvalitě a nepřetržitému dodávání elektrické energie spotřebitelům. Kvalitou dodávky elektrické energie se rozumí velikost napětí a velikost frekvence. Pokud selže nějaký externí zdroj elektrické energie, znamená to, že dodávka el. energie může být ohrožena. Na našem konkrétním případě, tzn. Plzeň v ostrovním režimu, je vidět, že některá města si mohou vystačit samy. Plzeň má dva své nezávislé zdroje Plzeňská Teplárenská a.s s instalovaným výkonem 150,5 MW a Plzeňská Energetika a.s s 110 MW tzn. dohromady oba zdroje vyrábí 260,5 MW. Z mapy Plzně jde vidět, že náhradou za připojení z Chrástu může být Plzeňská teplárenská a naopak náhradou za připojení z Přeštic Plzeňská energetika. Během roku je Plzeň propojena jen na dvě části, které nejsou propojeny mezi sebou, což způsobí dvě autonomní části, kterým by výkony svých elektráren stačil na případný ostrovní provoz.



Obr. 5 – Propojení sítě na úrovni 110 kV [16]

Na obrázku 5 je vidět propojení celé Plzně na napěťové úrovni 110 kV. Je zde vidět také připojení k síti v místech Chrást a Přeštice. Plzeň má osm transformoven 110/22 kV Plzeň město, Plzeň sever, Křimice, Černice, Plzeň jih, Nová hospoda, Škoda HTR a Škoda ELU III. Tyto rozvodné body jsou mezi sebou propojeny.

Hlavními důvody k uvažování rizik v síti je zaručení kvality dodávané elektrické energie, ochrana strojů vyrábějící ale i spotřebujících elektrickou energii. Při nedostatku elektrické energie může dojít také k blackoutu. Tento stav je krajně nežádoucí a v tomto stavu se snažíme, aby naběhly zdroje, které mohou rychle dodat energii. Na rozjezd elektrárny v případě blackstartu, to znamená rozběh z nulového výkonu, je potřebná elektrická energie. Plzeňská Energetika má instalovány 3x 7 MW dieselgenerátory, které jsou

schopny najet ze tmy Plzeňská Teplárenská tohoto schopna není, jelikož nemá žádné takové zdroje. Při blackoutu by mohlo docházet k velkým poškozením strojů například k zatavení rozpálených pecí atd. Také by tento stav měl dopad na společnost, ale nejdůležitější je v co nejkratším možném časovém intervalu obnovit zdroj elektrické energie v nemocnicích a věznicích.

V případě potřeby, například poruchy nebo vyjímečné odstávky PT, je možné propojit PE pomocí linek 22 kV a 110 kV k naplnění vlastní spotřeby PT a rozjet elektrárnu. Ze zdrojových dat plyne, že Plzeňská Teplárenská funguje 100% času. Většinou tento zdroj funguje, ale může se stát, že při přechodu může vypadnout, ale vypadne nejpravděpodobněji do vlastní spotřeby, ze které může po čase opět naběhnout a začít zásobovat elektrickou energií. Nebo také může nastat nějaký nečekaný stav tím se rozumí výpadek. „Technologická vlastní spotřeba je definována v ustanovení § 2, písmeno u) zákona č. 165/2012 Sb., jako spotřeba elektrické energie na výrobu elektřiny v hlavním výrobním zařízení i pomocných provozech, které s výrobou přímo souvisejí, včetně výroby, přeměny nebo úpravy paliva, ztrát v rozvodu vlastní spotřeby i ztrát na zvyšovacích transformátorech pro dodávku do distribuční soustavy nebo přenosové soustavy. Na technologickou vlastní spotřebu elektřiny nelze uplatnit podporu formou výkupních cen ani zelených bonusů.“ [17]

Při uvažování rizik při předcházení krizových stavů je důležité uvažovat také různé druhy zajišťování dodávek elektrické energie. Pokud bychom toto rozdělení nedělali, mohlo by docházet k ekonomickým škodám, škodám ve výrobě ale v nejhorším případě také i k ohrožení na lidských životech. Proto velké továrny, z důvodu možného poničení drahých strojů, nemocnice i věznice musí mít zvýšenou provozní spolehlivost, ale většinou mají i svůj záložní zdroj elektrické energie.

Rozdělení rozvodů el. energie podle stupně zajištění dodávky: [18]

a. **Dodávky 1. stupně** – se zvýšenou provozní spolehlivostí

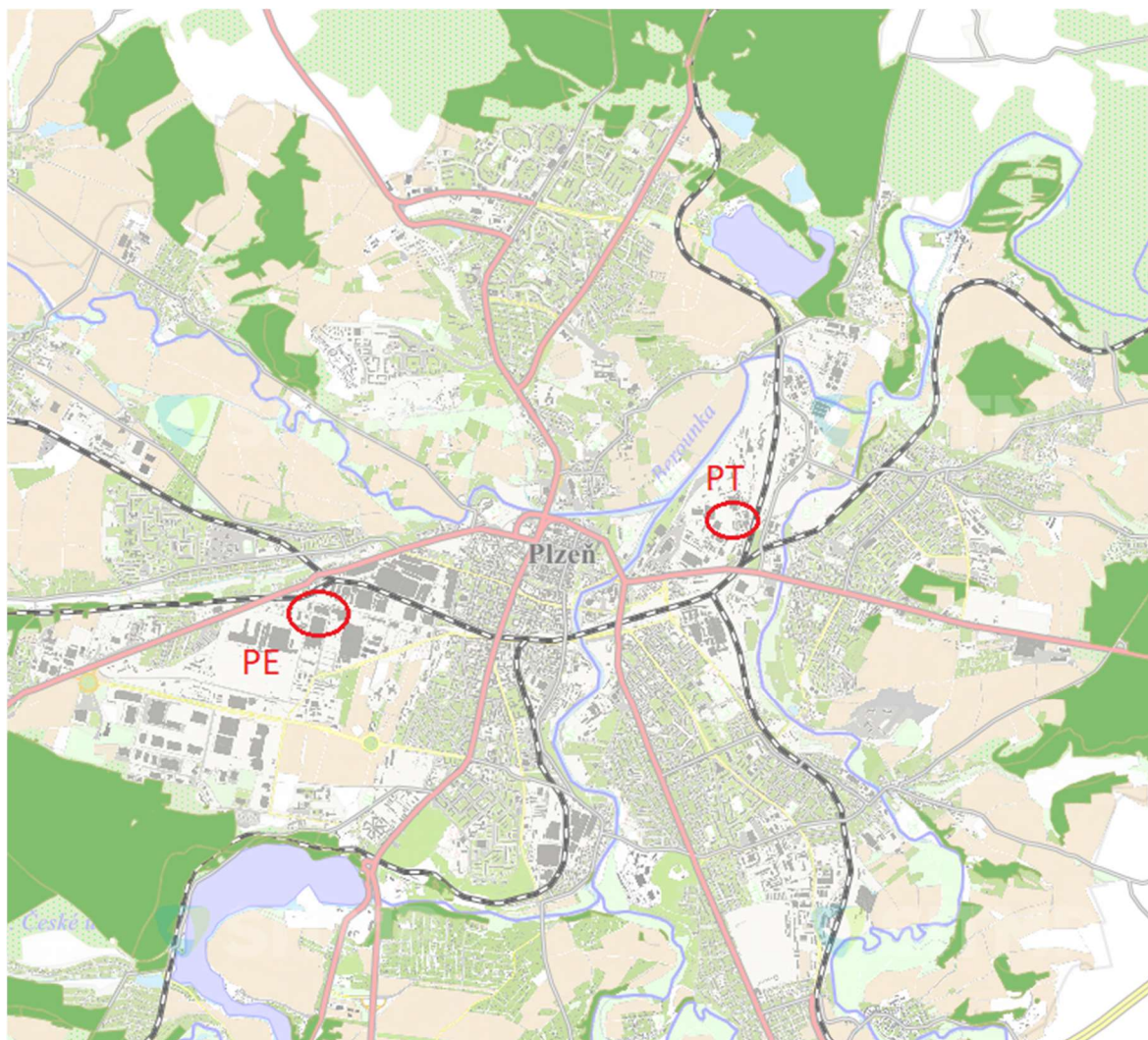
Dodávka musí být zajištěna za každých okolností, kde přerušení může způsobit buď ohrožení lidských životů nebo velké škody financí (zdravotnictví: operační sály, doly, důlní ventilátory ,těžní zařízení apod.)

b. **Dodávka 2. stupně** – s obvyklou provozní spolehlivostí

Přerušení dodávky způsobí velké ekonomické škody, aniž dojde k ohrožení lidských životů.

c. **Dodávka 3. stupně** – jednoduchá zařízení

Dodávky, které nemusí být pojištěny zvláštními opatřeními.



Obr 5. – Mapa Plzně s vlastními zdroji energie [19]

2.3 Spolehlivost

Definice spolehlivosti zní: „Spolehlivost je definována jako obecná vlastnost objektu, tvořeného dílčími spolehlivostními vlastnostmi, popisovanými pomocí ukazatelů.“ Charakteristiky spolehlivosti ukazují vzájemný vztah mezi pravděpodobností nastání poruchy a využíváním. Spolehlivostní funkce udává pravděpodobnost bezporuhového stavu. Tato funkce je předepsaná předpisem

$$R(t) = P(\xi > t) \quad (1.4)$$

Z rovnice P je pravděpodobnost, t je čas a ξ je spojitá náhodná proměnná. V okamžiku kdy $t = \xi$ nastane porucha.

Opakem spolehlivostní funkce je funkce distribuční, která udává pravděpodobnost poruchy.

Tato funkce je dána předpisem

$$Q(t) = P(\xi \leq t) \quad (1.5)$$

Funkční hodnoty obou těchto funkcí nabývají kladných bezrozměrných hodnot od 0 do 1.

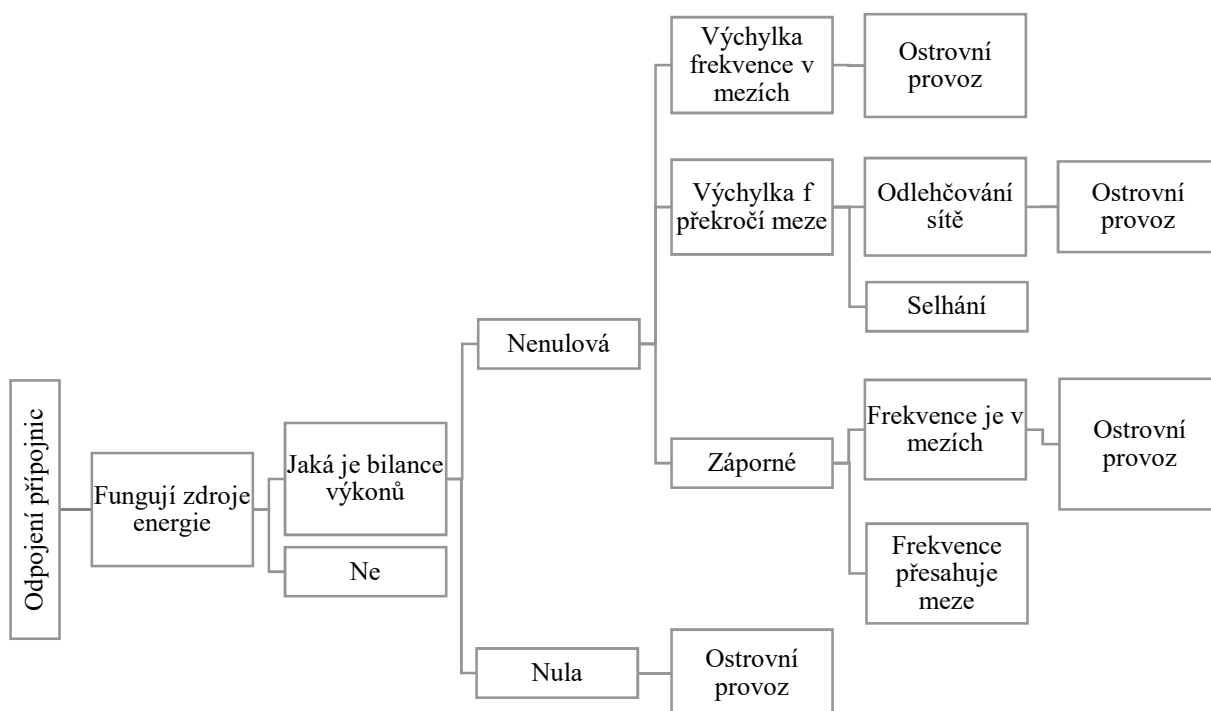
$R(t)$ je nerostoucí funkce a $Q(t)$ je neklesající funkce. Tyto dvě funkce jsou spolu spojeny vztahem

$$R(t) + Q(t) = 1 \quad (1.6)$$

Dílkami spolehlivostními vlastnostmi jsou bezporuchovost, živostnost, udržovatelnost, opravovost a pohotovost. Každá tato vlastnost má své pozotované proměnné veličiny. Pro bezporuchovost je to doba do poruchy a doba mezi poruchami. U živostnosti to jsou technický život a celkový život. Dále u udržovatelnosti je to doba údržby a počet obnov. U opravovosti se pozoruje doba opravy a doba aktivní opravy. A u poslední vlastnosti pohotovosti se pozoruje doba provozu a doba prostoje. [12]

3 Řízení rizik na konkrétním případě

Pomocí pravděpodobností jednotlivých událostí můžeme dopočítat celkovou pravděpodobnost v procentech, při které můžeme zaručit ostrovní režim. Pravděpodobnost jedné větve se určí tak, že se vynásobí všechny dílčí pravděpodobnosti událostí ve větvi. To znamená, že čím delší větev, tím menší bude pravděpodobnost úspěchu přechodu do ostrovního režimu.



Obr. 5 – Strom událostí [2]

3.1 Výpočet pravděpodobnosti

Po výpočet pravděpodobnosti úspěchu celého stromu událostí musíme zjistit několik kritérií. Tyto kritéria jsou události, které rozčleňují strom událostí pro konkrétní případ.

1. Fungují elektrárny v ostrovním provozu?

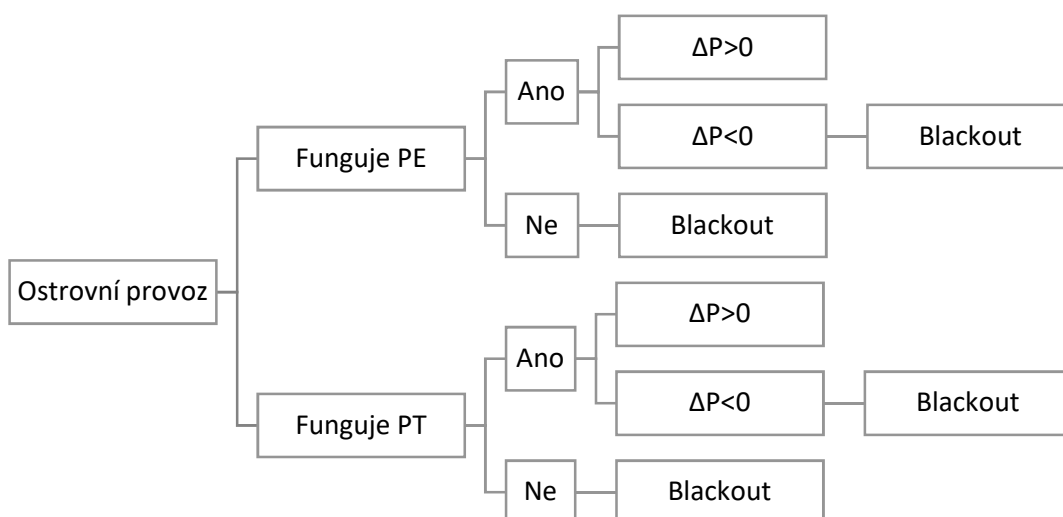
Pokud je výkon z Plzeňské teplárenské (P_{PT}) a z Plzeňské energetiky (P_{PE}) větší jak 0, znamená to že jsou tyto elektrárny v provozu a může nastat ostrovní provoz. Procentuální podíl zjistíme tak, že spočítáme kolikrát výroba byla nulová z celkového pozorovaného času.

2. Je dostatek energie?

Pokud elektrárny fungují dále zjišťujeme, zda pokryjí celkovou spotřebu ostrovního provozu. Pokud $P_{PE}, P_{PT} \leq$ spotřeba ostrovního provozu znamená to, že tento provoz nemůže nastat. Spočítáním vyhovujícím časů ze zkoumané oblasti získáme pravděpodobnost.

3. Není dostatek energie.

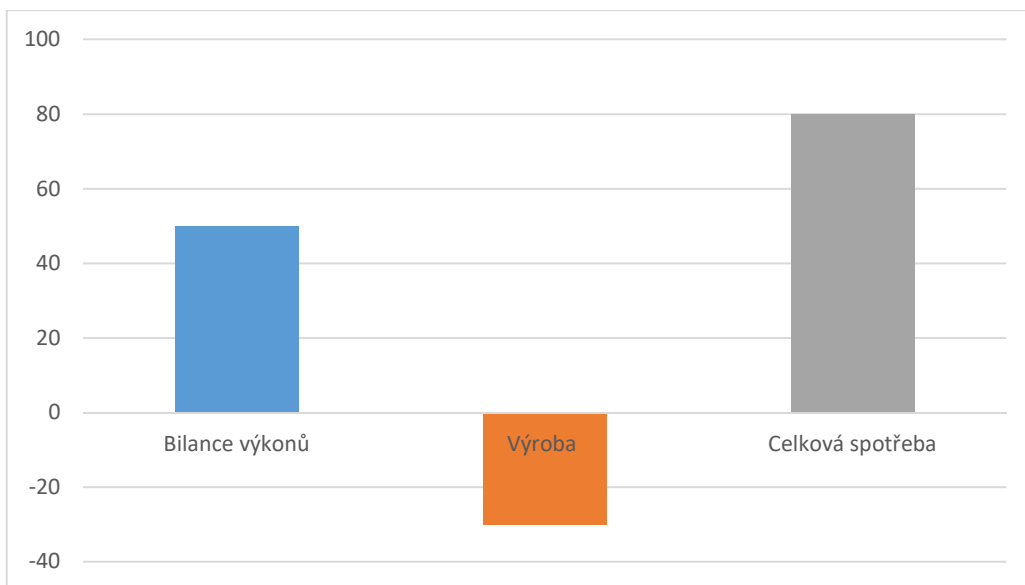
Pokud nastane, že vyrobená elektrická energie je menší než spotřeba celého ostrovního provozu, z předchozího kroku, znamená to, že se musí buď elektrická energie dodat z venší, to už není ale ostrovní provoz. Nebo se musí začít regulovat výkon, aby v síti byla frekvence, které odpovídá bezpečným mezím. Frekvenci můžeme doregulovat v elektrárnách, ale pouze do určitých mezích. Maximální rozdíl výroby a spotřeby pro Plzeňskou teplárenskou je dán z výpočtu v kapitole 3.1.2 $\Delta P_{PT} = 19,26 MW$ a pro Plzeňskou energetiku je to $\Delta P_{PE} = 14,08 MW$.



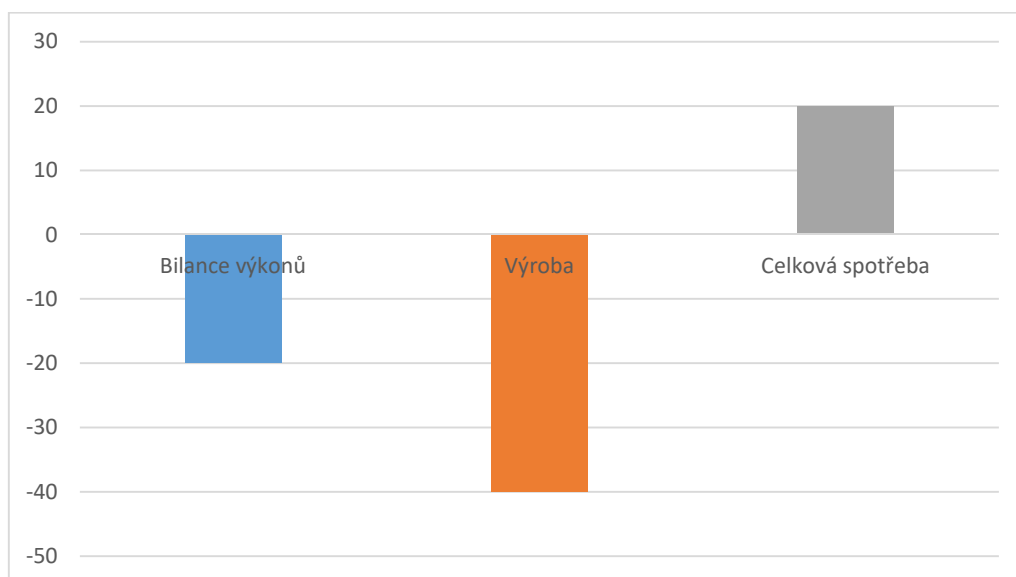
Obr 8 – Konkrétní počítaný strom událostí

3.1.1 Bilance výkonů

Jako příklad uvádím dvě různé situace, které mohou nastat. První z nich, obr. 6, je, že je potřeba větší výkon, než dokáže vyrobit elektrárna. To znamená, že je spotřeba větší než výroba a musí se dodávat elektrická energie ze sítě. V obr 7 je vidět druhý případ, který může nastat a tím je, že náš ostrovní provoz by byl exportní. To znamená, že máme přebytek výkonu, který může nastat menšími zdroji elektrické energie jako jsou například malé vodní elektrárny nebo sluneční park. Tyto malé zdroje mohou z části pokrýt spotřebu ostrovního provozu a zbytek vyrobené elektrické energie v hlavních zdrojích je posílám do sítě. Celková spotřeba se vypočítá jako rozdíl, v případě uvažování záporného znaménka u zdrojů elektrické energie, aktuální spotřeby a aktuální výroby elektrické energie.



Obr. 6 – Příklad bilance výkonů 1



Obr. 7 – Příklad bilance výkonů 2

3.1.2 Postup výpočtu pravděpodobnosti

Pro výpočet stromu událostí je důležité si nejdříve vymežit parametry ΔP . Tento parametr si vypočítáme pro oba zdroje elektrické energie v Plzni z rovnice (1.4).

Parametry do rovnice:

$$T_m = 8 \text{ s}$$

$$f_n = 50 \text{ Hz}$$

$$\frac{df}{dt} = 0,8 \text{ Hz}$$

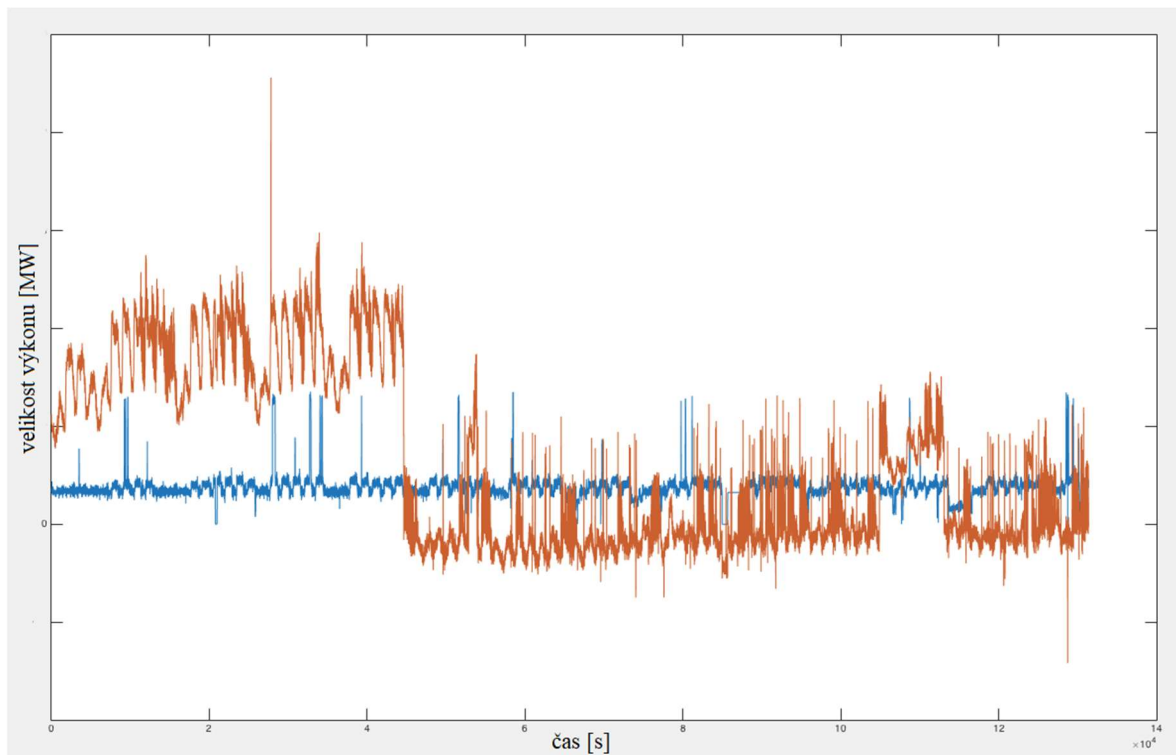
$$S_{NGPT} = 150,5 \text{ MW}$$

$$S_{NGPE} = 110 \text{ MW}$$

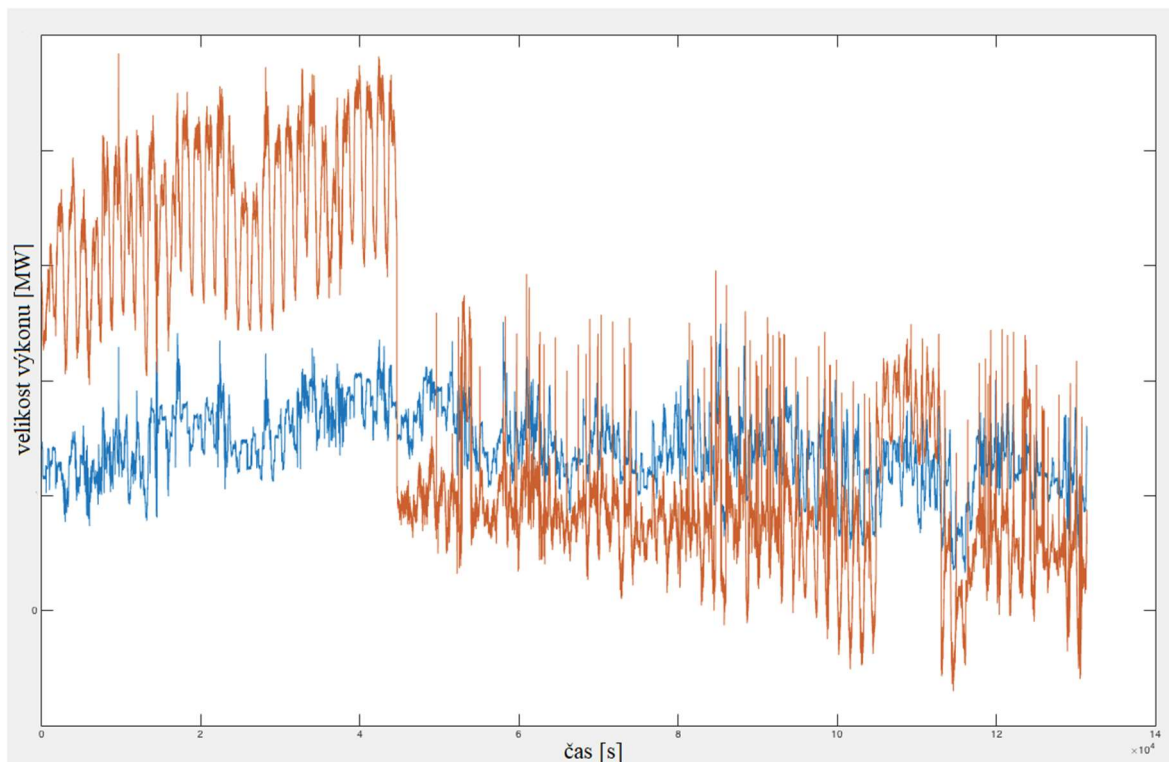
$$\Delta P_{PT} = \frac{T_m \cdot S_{NGPT}}{f_n} \cdot \frac{df}{dt} = \frac{8 \cdot 150,5}{50} \cdot 0,8 = 19,26 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{PE} = \frac{T_m \cdot S_{NGPE}}{f_n} \cdot \frac{df}{dt} = \frac{8 \cdot 110}{50} \cdot 0,8 = 14,08 \text{ MW}$$

Po vymezení parametru ΔP můžeme z hodnot sítě určit pravděpodobnosti jednotlivých událostí. Nejdříve porovnáváme, zda fungují interní zdroje elektrické energie PT a PE. Jestli tyto zdroje fungují se dá zjistit z diagram denního zatížení. V obrázcích 9 a 10 je vidět tříměsíční vývoj celkové spotřeby (hnědá barva) a výroby (modrá barva) elektrické energie. Výkony nejsou udávány číselně z důvodu toho, že tyto data nejsou veřejně přístupné. Na ose x je čas, který jako celek dá dohromady tři měsíce a to leden, únor a březen.



Obr. 9 – Denní diagram zatížení Plzeňská energetika



Obr. 10 – Denní diagram zatížení Plzeňská teplárenská

Po zjištění první pravděpodobnosti následuje další větvení stromu pro každou elektrárnu zvlášť. Nejdůležitější je, aby vyrobená elektrická energie byla větší než spotřebovaná. Pokud tato podmínka platí znamená to, že ostrovní provoz již může nastat. Pokud je výroba větší znamená to jen, že přebytek elektrické energie se bude exportovat do sítě. Poté se řeší, zda ΔP je v určených mezích, vypočítaných z rovnice 1.4. Pro každý zdroj elektrické energie je jiná velikost tohoto parametru, a proto zkoumáme každý zdroj zvlášť. Pokud je ΔP vypočítané mezi ostrovní provoz může také nastat. Pokud ale ΔP není v mezi tento provoz nastat nemůže a může nastat blackout.

3.1.3 Určené pravděpodobnosti

Pravděpodobnosti určené podle postupu z předchozí kapitoly byly vypočteny z tajných dat. Slouží pouze jako procentuální zastoupení v časové ose. Zkoumaný čas byly tři měsíce od ledna do března.

Na obrázku 11 je vidět ukázka programu na výpočet pravděpodobnosti v programu Matlab. Pro otázku fungovní zdrojů byla použita jednodušší podmínka, pouze jestli je `VyrobaPT.mat`, popřípadně `VyrobaPE.mat`, je větší než nula. Podmínka na obrázku popisuje, že výroba je menší než potřebný výkon v ostrovním provozu, ale rozdíl výkonů je v mezi,

při které lze přidáním páry na turbíně doregulovat tento rozdíl. Spotřeba v programu je jen název pro neznámou, která ukazuje, že když je splněna podmínka, tak se na stejné pouici vektoru zapíše 1. Pravděpodobnost je vypočítána jako podíl ze sumy spotřeby ku délce vektoru, vektory jsou všechny stejně dlouhé.

```

1 - spotreba=zeros(1,131400);
2 - i=0;
3 - ppst=0;
4
5 - for i=1:131400
6 -     if VyrobaPE(i)<OstrovPE(i) && 14.1>OstrovPE(i)-VyrobaPE(i);
7 -         spotreba(i)=1;
8 -     end
9 - end
10
11 - end
12 - ppst=sum(spotreba)/length(VyrobaPT);

```

Obr. 11 – Ukázka programu v Matlabu

$$P_{s1} = \frac{\sum \text{VyrobaPT.mat} > 0}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{f1} = 1 - P_{s1} \quad [-]$$

$$P_{s2} = \frac{\sum \text{VyrobaPE.mat} > 0}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{f2} = 1 - P_{s2} \quad [-]$$

$$P_{pt1} = \frac{\sum \text{VyrobaPT.mat} > \text{OstrovPT_suma.mat}}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{pt2} = \frac{\sum \text{VyrobaPT.mat} < \text{OstrovPT_suma.mat} \ \&\& \ \Delta P_{PT} > \text{OstrovPT_suma.mat} - \text{VyrobaPT.mat}}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{pt3} = 1 - P_{pt1} - P_{pt2} \quad [-]$$

$$P_{pe1} = \frac{\sum \text{VyrobaPE.mat} > \text{OstrovPE_suma.mat}}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{pe2} = \frac{\sum \text{VyrobaPE.mat} < \text{OstrovPE_suma.mat} \ \&\& \ \Delta P_{PE} > \text{OstrovPE_suma.mat} - \text{VyrobaPE.mat}}{\text{počet dat}} \quad [-]$$

$$P_{pe3} = 1 - P_{pe1} - P_{pe2} \quad [-]$$

Funguje Plzeňská Teplárenská?

Ano	$P_{s1} = 100\%$
Ne	$P_{f1} = 0\%$

Funguje Plzeňská Energetika?

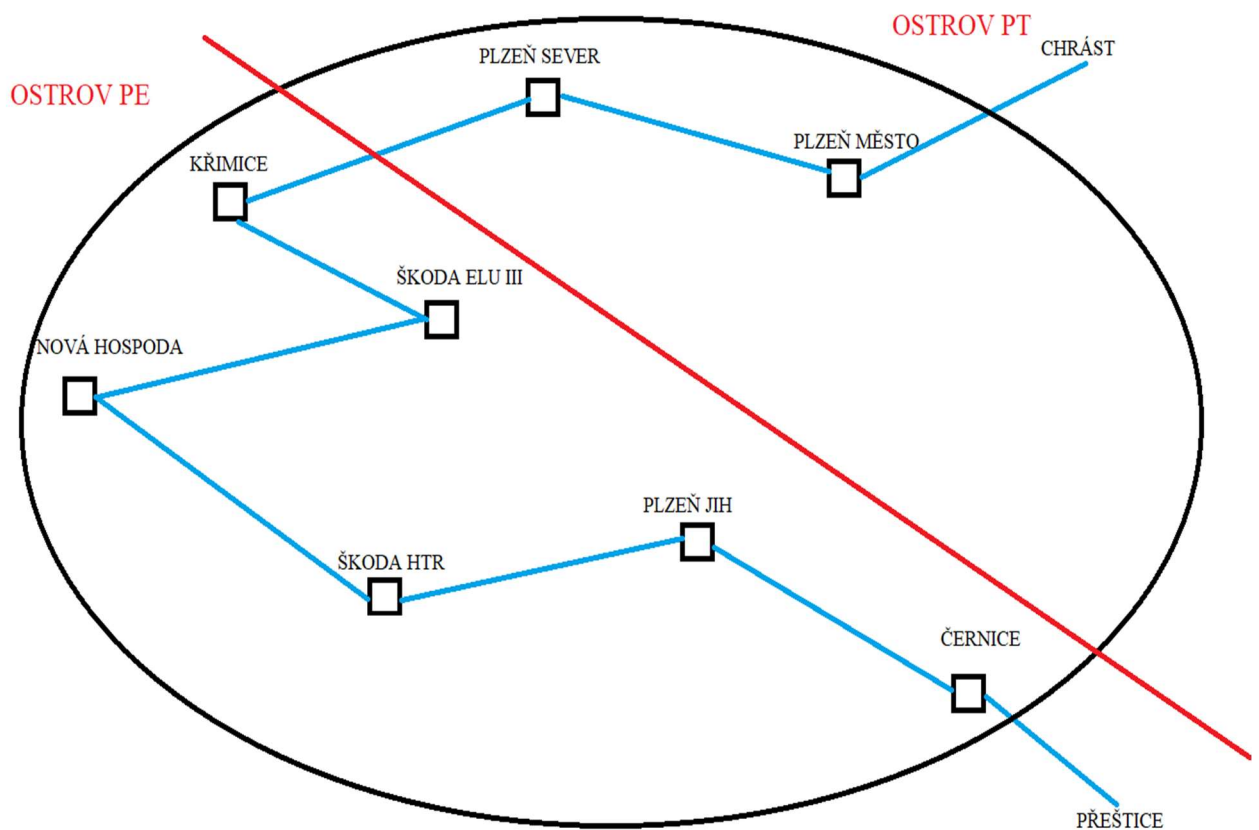
Ano	$P_{s2} = 99,01\%$
Ne	$P_{f2} = 0,99\%$

Jaká je bilance výkonu pro PT?

$P_{PT} > \text{spotřeba}$	$P_{pt1} = 71,4\%$
$P_{PT} < \text{spotřeba a } \Delta P_{PT} < 19,26 \text{ MW}$	$P_{pt2} = 26,45 \%$
$P_{PT} < \text{spotřeba a } \Delta P_{PT} > 19,26 \text{ MW}$	$P_{pt3} = 2,15 \%$

Jaká je bilance výkonu pro PE?

$P_{PE} > \text{spotřeba}$	$P_{pe1} = 61,53 \%$
$P_{PE} < \text{spotřeba a } \Delta P_{PE} < 14,08 \text{ MW}$	$P_{pe2} = 3,94 \%$
$P_{PE} < \text{spotřeba a } \Delta P_{PE} > 14,08 \text{ MW}$	$P_{pe3} = 34,53 \%$



Obr. 12 – Zjednodušené propojení Plzně 110 kV

V některých případech, kde je nedostatečný výkon jednoho ze dvou zdrojů elektrická energie, je možné tyto dva zdroje mezi sebou propojit. Obrázek 12 nad textem znázorňuje rozdělení ostrovního provozu na dvě části a také znázorňuje propojení sítě na úrovni 110 kV. Rozdělení ostrovního provozu je podle celkové spotřeby. Plzeň město a Plzeň sever je transformována pro velkou zalidněnou část Plzně, kde se nachází hodně sídlišť. Za normálního chodu jsou propojeny všechny tyto zázorněné transformovny a také je připojena Plzeň k síti v Přešticích a Chrástu.

4 Vyhodnocení stromu událostí

Vyhodnocení stromu událostí spočívá ve výpočtu celková pravděpodobnosti všech možných cest. Pro tento výpočet použijeme rovnici 1.1 a dosadíme pravděpodobnosti ze stromu událostí.

Výpočet pravděpodobnosti PE

Nejdříve vypočítáme pravděpodobnost, že bude fungovat zdroj a bude dostatek nebo přebytek elektrické energie.

$$P_1 = P_{s2} \cdot P_{pe1} = (0,9901 \cdot 0,6153) \cdot 100 = 60,09 \%$$

Nyní přichází výpočet pro schopnost doregulování nedostatku elektrické energie, to znamená rozdíl mezi výrobou a spotřebou je ve vypočítané mezi z kapitoly 3.1.2 a maximální hodnota je $\Delta P = 14,08$ MW.

$$P_2 = P_{s2} \cdot P_{pe2} = (0,9901 \cdot 0,0395) \cdot 100 = 3,91 \%$$

Poslední hodnota v této větvi je neúspěch celého přechodu do ostrovního provozu. Tím se rozumí že elektrárna není schopna doregulovat rozdíl výkonů.

$$P_3 = P_{s2} \cdot P_{pe3} = (0,9901 \cdot 0,3453) \cdot 100 = 34,18 \%$$

Výpočet pravděpodobnosti PT

Pro větve se zdrojem elektrické energie Plzeňská Teplárenská se výpočet velice zjednoduší, protože pravděpodobnost funkčnosti elektrárny je 100% a to znamená že to nijak nezmění další pravděpodobnost. První pravděpodobnost je opět když je v ostrovním provozu dostatek nebo přebytek elektrické energie.

$$P_1 = P_{s1} \cdot P_{pt1} = (1 \cdot 0,714) \cdot 100 = 71,4 \%$$

Druhá pravděpodobnost bude odpovídat takové, kdy je schopen zdroj elektrické energie doregulovat nedostatek elektrické energie. To znamená že je rozdíl výkonu ve vypočítané mezi, která je $\Delta P = 19,26$ MW.

$$P_2 = P_{s1} \cdot P_{pt} = (1 \cdot 0,2645) \cdot 100 = 26,45 \%$$

Poslední pravděpodobnost je, když není schopna elektrárna doregulovat rozdíl výkonů a není tedy možný přechod do ostrovního provozu.

$$P_3 = P_{s1} \cdot P_{pt3} = (1 \cdot 0,0215) \cdot 100 = 2,15 \%$$

5 Identifikace rizik na konkrétním případě

Rizika které mohou nastat v počítaném stromu událostí jsou takové události, které nemohou vést do ostrovního provozu. Takové události jsme zjistili a musí se zamezit jejím nastání.

Jako první se zkoumala funkčnost zdrojů elektrické energie. Plzeňská Teplárenská je pro zkoumané období stoprocentní, ale Plzeňská Energetika nefunguje pouze v 0,99% času.

Po tomto dělení se strom dále větví a zkoumá se zde, zda mají zdroje PT a PE dostatek elektrické energie, aby mohl nastat ostrovní provoz. Pro Plzeňskou Teplárenskou je zjištěno, že je výko dostačující nebo i přebytek v 71,4% zkoumaného času. Doregulovat nedostatek, to znamená že rozdíl výkonu a spotřeby je do vypočítané meze z kapitoly 3.1.2, je schopna ve 26,45% času. Zbývající čas je bohužel takový, který nevede do ostrovního provozu, ale pro PT je to pouhých 2,15%.

Pro Plzeňskou Energetiku je vypočítáno, že je dostatek nebo přebytek elektrické energie v 61,53%, ale doregulovat nedostatek může pouze ve 3,95%. To znamená, že pokud nastává v ostrovním režimu PE nedostatek velice pravděpodobně to nebude vést do ostrovního režimu. Tento bod bude nejslabším místem stromu a musí se mu předcházet.

6 Přínosy aplikace řízení rizik

Riziko je hrozba se svou určitou pravděpodobností nastání, že určité jednání nebo událost negativně ovlivní schopnost instituce naplnit strategii a dosáhnout cílů. Každé riziko musí být identifikováno, poté hodnoceny jeho následky a následně se musí uvažovat o možnostech ošetření. Základní nastavení strategie řízení rizik ve společnosti je parametrizace celého systému. Tu obvykle provádíme nastavením maximální přístupné ztráty, kterou je management schopen akceptovat. Rizika se musí řídit z hlavního důvodu a tím je velikost dopadu rizika, který se obvykle udává na stupnici popsané pomocí kvalitativního nebo kvantitativního vyjádření. [20]

Významnost vlivu	Velikost kritické události
Katastrofický	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížení zisku o více než Risk Capacity („RC“) ▪ Rozpad klíčových aliancí ▪ Závažný a trvalý dopad na podnikání společnosti
Vysoký	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížení zisku o 75 - 100 % RC ▪ Významný dopad na image firmy ▪ Ohrožení klíčových aliancí ▪ Vyřešení problému vyžaduje zásah vrcholového vedení a představenstva
Střední	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížení zisku o 50 – 75 % RC. ▪ Vztahy s klienty budou krátkodobě narušeny ▪ Vztahy s finančními institucemi se mohou zhoršit ▪ Řešení situace vyžaduje účast středního a vyššího vedení společnosti
Nízký	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížení zisku o 25 – 50 % RC. ▪ Za normálních okolností bez trvalých následků ▪ Existuje možnost vlivu na tržní podíl a hodnotu značky ▪ Řešení v kompetenci středního managementu
Nevýznamný	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížení zisku o méně než 25 % RC. ▪ Bez dopadu na vztahy s klienty ▪ Bez dopadu na hodnotu značky ▪ Řešení v kompetenci nižšího managementu a zaměstnanců

Obr. 13 – Velikost dopadu rizik [20]

Přístupy k ošetření rizik:

Jsou to taková ošetření, aby se snížila pravděpodobnost výskytu rizika nebo snížení velikosti dopadu. Provádí se pomocí několika přístupů nebo jejich kombinací: [20]

- Přenesení rizika – riziko se částečně nebo úplně přenesse na jiné subjekty.
- Omezení rizika – riziko se omezí snížením pravděpodobností nastání, nebo se omezí jeho dopady.
- Využití experta – povaha rizika je změněna v příležitost získáním dodatečných vědomostí či využitím služeb jiného subjektu.
- Vyhnutí se riziku – riziko je eliminováno zásadní změnou procesu
- Akceptace rizika – riziko se vědomě ponechá bez opatření.

Tato bakalářská práce měla za úkol zjistit slabé místa systému ostrovného provozu v Plzni. Ve výpočtu pravděpodobnosti bylo rozpoznáno největší riziko v ostrovním provozu PE, kdy pravděpodobnost úspěšného přechodu do ostrovního provozu byla zjištěna na 60,09%. Toto znamená, že v jedné třetině času je přechod do ostrovního provozu nemožný. V malém množství času je možné doregulování nedostatku výkonu, ale toto procento je velmi malé. Je možné, že kdyby byl výpočet prováděn s jinými daty popřípadně jinými měsíci v roce, byly by pravděpodobnosti trochu jiné. Důležité je, aby se při návrhu systému počítalo s těmito riziky, popřípadně identifikovat i jiné možné rizika.

Riziko výpadku dodávky elektrické energie v ostrovním provozu PE je možné řešit propojením obou zdrojů elektrické energie v Plzni. Ale pokud nebude dostatek energie ani v součtu těchto dvou zdrojů bude muset nastat regulace. Při regulaci opět přichází otázka, jestli zdroje jsou schopny doregulovat nedostatek elektrické energie. Pokud ano je vše v pořádku a může nastat ostrovní provoz, ale pokud není dostatek, tak musí přijít další opatření jako je například odlehčování sítě. Pokud ale bude spotřeba větší než je celková možná výroba, tak to znamená že ostrovní provoz nemůže nastat, ani kdyby následovalo odlehčování sítě.

7 Závěr

V této bakalářské práci byly zjištěny hlavní důvody pro uvažování rizik. Tyto důvody jsou velice důležité pro celou společnost. V nejhroších případech může nastat ohrožení životů, pokud by výpadek elektrické energie byl delší a nemocnicím by došly náhradní zdroje elektrické energie. Nebo by se také mohlo stát že by z některých věznic mohli utéct vězni a ohrožovat společnost. Společnost by při blackoutu změnila celé své chování a proto by se mělo těmto situacím předcházet.

Dalším bodem bakalářské práce bylo zjistit možnost ostrovního provozu v Plzni při výpadku externích zdrojů elektrické energie. Možnost v Plzni vytvořit ostrovní provoz je vypočtena pro první tři měsíce roku pro část PE na 60,09 % a pro část PT 71,4 %. Je tu ještě možnost, že když PE nebude fungovat, může se propojit část PE s částí PT, ale není zaručeno, že bude dostatek elektrické energie pro obě části. Pokud nastane nedostatek elektrické energie v části PE je 34,18 % pravděpodobnost, že rozdíl výkonu a celkové spotřeby je tak velký, že elektrárna PE není schopna tento rozdíl vyrovnat a nemůže nastat ostrovní provoz. Zatím co PT je schopna přidat výkon na turbíně a dorovnat ztrátu v 26,45 % času, kdy rozdíl výkonu a spotřeby byl v doregulovatelné mezi.

Omezení rizik může být vyhýbat se velkým rozdílům mezi výkonem a spotřebou v obou částech ostrovního provozu. To znamená, aby byla po většinu času větší výroba než spotřeba. Dále se v nejhroším případě může jako krizový nástroj použít odlehčování sítě, kdy se odpojí část ostrovního provozu, dorovná se frekvence do přijatelné meze a poté se opět připojí odpojená část a znovu nastane regulace frekvence.

Zdroje

- [1] Managementmania.com [online]. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/eta-event-tree-analysis-analyza-stromu-udalosti>
- [2] Possibilities of Event Tree Analysis method for Emergency States in a Power Grid, V. Muzik, Z. Vostracky
- [3] ČSN-EN 62502
- [4] IEC 31010:2011
- [5] Managementmania.com [online]. [cit. 2018-06-04]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeni-rizik>
- [6] Vývoj software pro hodnocení schopnosti přechodu města do ostrovního provozu, V. Mužík, Z. Vostracký
- [7] Studie provozu v ostrovním režimu na území města Plzně Václav Mužík
- [8] M. Crouhy, D. Galai, M. Robert, "The essentials of risk management", New York, 2006.
- [9] Home.zcu.cz/~dvorsky/ [online]. [cit. 2018-06-04]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky/MR/PrednaskyMR/Pred6/>
- [10] Kodex PS, ČEPS a.s. [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [11] ČEPS a.s. [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/hodnoceni-provozu>
- [12] Technický Průvodce energetika, Zbyněk Ibler a kol.
- [13] Oenergetice.cz [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/kvalita-elektricke-energie/>
- [14] Kodex PS část V, ČEPS a.s. [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/kodex-ps>
- [15] Home.zcu.cz/~dvorsky [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~dvorsky/MR/PrednaskyMR/Pred9/PredMR9.pdf>
- [16] www.czso.cz [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/24263591/8113120510m.pdf/9d2f90cf-f789-4252-86bb-7b07117fb9dd?version=1.0>
- [17] Eru.cz [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/poze/casto-kladene-dotazy>
- [18] Fei1.vsb.cz [online]. [cit. 2018-10-05]. Dostupné z: fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/07_zajisteni_dodavky_zdroje.pdf

[19] Gis.plzen.eu [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z:
<https://gis.plzen.eu/energetika/>

[20] Czechtreasury.cz [online]. [cit. 2018-05]. Dostupné z:
http://czechtreasury.cz/files/node/seminar/120/efektivni_rizeni_rizik_facility_0210.ppt