

# **Odolnost elektrických zařízení proti poklesům a přerušení napětí**

Immunity of Electrical Devices against Voltage Dips and Voltage  
Interruptions

Bc. Jakub Foukal

---

Diplomová práce  
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Foukal**  
Osobní číslo: **A12822**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Odolnost elektrických zařízení proti poklesům  
a přerušení napětí**

Téma anglicky: **The Immunity of Electrical Devices against Voltage Dips and  
Interruptions**

Zásady pro vypracování:

1. Pojedejte o příčinách vzniku krátkodobých poklesů, přerušení a pomalých změn napětí v rozvodných sítích.
2. Popište negativní důsledky změn napětí na elektrická zařízení.
3. Analyzujte metody ověřování elektromagnetické odolnosti elektrických zařízení vůči změnám napětí.
4. Navrhněte protopatření redukující účinky změn napětí u elektrických zařízení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. VACULÍKOVÁ, Polina, VACULÍK, Emil. Elektromagnetická kompatibilita elektrotechnických systémů: Praktický průvodce techniky omezení elektromagnetického vř rušení. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 1998. 487 s. ISBN 80-7169-568-8.
2. KAŇUCH, Jan, KOVÁČ, Dobroslav, KOVÁČOVÁ Irena. EMC z hlediska teorie a praxe. 1. vydání. Praha: BEN- technická literatura, 2006. 216 s. ISBN 80-7300-202-7.
3. MYSLÍK, Jiří. Elektromagnetické pole- základy teorie. 1. vydání. Praha: BEN- technická literatura, 2002. 160 s. ISBN 80-86056-43-0.
4. VALOUCH, Jan. Technické požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu poplachových systémů. In Sborník konference ?Bezpečnostní technologie, Systémy Management 2013?. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-289-3.
5. HAMMERBAUER, Jiří; KŮS, Václav; SKÁLA, Jiří. Elektromagnetická kompatibilita výkonových elektronických systémů - EMC v energetice. 1. Vyd. Praha: BEN technická literatura, 2013. 374 s. ISBN 978-80-7300-4.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jan Valouch, Ph.D.**

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**7. února 2014**

Termín odevzdání diplomové práce:

**27. května 2014**

Ve Zlíně dne 7. února 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## ABSTRAKT

Hlavním tématem diplomové práce je problematika spojená s poklesem, přerušením a změnami napětí v elektrické síti. Teoretická část práce řeší problematiku příčin vzniku krátkodobých poklesů, přerušení a pomalých změn napětí v rozvodných sítích. Tyto informace jsou doplněny analýzou negativních důsledků změn napětí na elektrická zařízení a seznámením s pojmem elektromagnetická kompatibilita.

Praktická část práce obsahuje analýzu metody ověřování elektromagnetické odolnosti elektrických zařízení vůči změnám napětí, praktický plán měření a stěžejní výstup práce představuje návrh protipatření vůči poklesům, přerušení a změnami napětí v síti.

Klíčová slova:

krátkodobý pokles napětí, změny napětí, elektromagnetická odolnost, testování, porucha

## ABSTRACT

The main object of the thesis is the issue related to the drop, interruption and voltage changes in the electrical power network. The theoretical part focuses on the issue dealing with the causes of voltage drops, interruption or slow voltage changes in the network system. Such information is supplemented by analysis of negative impacts of the voltage changes on the electrical devices and also, the term electromagnetic compatibility is introduced.

Practical part contains analysis of the method for verifying the electromagnetic resistance of the electrical devices towards the voltage changes, a plan of measurements and the fundamental part of this work, i.e. the suggestion of counteractions towards the drops, interruptions and voltage changes in the network.

Keywords: voltage drop, voltage changes, electromagnetic resistance, testing, failure

Rád bych poděkoval vedoucímu mojí diplomové práce panu Ing. Janu Valouchovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, přínosné rady a věnovaný čas a pomoc při tvorbě mojí diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Marii Dufkové z firmy ČEZ za přínosné rady a dokumenty.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ROZVODNÁ SÍŤ ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>11</b>
1.1 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA.....	11
1.2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA.....	13
<b>2 VZNIK KRÁTKODOBÝCH POKLESŮ NAPĚTÍ, PŘEPĚTÍ, POMALÝCH ZMĚN NAPĚTÍ A PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ .....</b>	<b>15</b>
2.1 ANALÝZA KRÁTKODOBÝCH POKLESŮ NAPĚTÍ .....	16
2.1.1 Poklesy vlivem velké zátěže .....	18
2.1.2 Poklesy způsobené poruchami v síti nebo distribuční soustavě.....	18
2.2 ANALÝZA KRÁTKODOBÉ ZMĚNY NAPĚTÍ – PŘEPĚTÍ.....	19
2.3 ANALÝZA PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ .....	22
2.4 ANALÝZA POMALÝCH ZMĚN NAPĚTÍ .....	23
<b>3 NEGATIVNÍ DŮSLEDKY ZMĚN NAPĚTÍ.....</b>	<b>25</b>
3.1 NEGATIVNÍ DŮSLEDKY POKLESU NAPĚTÍ NA ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ.....	25
3.2 NEGATIVNÍ DŮSLEDKY PŘEPĚTÍ NA ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ .....	26
3.3 NEGATIVNÍ DŮSLEDKY PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ NA ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ.....	27
<b>4 ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA.....</b>	<b>29</b>
4.1 ROZDĚLENÍ OBLASTÍ EMC .....	29
4.1.1 Elektromagnetická kompatibilita biologických systémů.....	29
4.1.2 Elektromagnetická kompatibilita technických systémů .....	29
4.2 ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ PROBLEMATIKY EMC .....	31
4.2.1 Elektromagnetická interference EMI .....	32
4.2.2 Elektromagnetická susceptibilita EMS .....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
<b>5 TESTOVÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉ ODOLNOSTI .....</b>	<b>35</b>
5.1 ZKUŠEBNÍ ÚROVNĚ.....	36
5.1.1 Zkušební úrovně krátkodobých poklesů na elektrickém zařízení .....	37
5.1.2 Zkušební úrovně krátkých přerušení napětí na elektrickém zařízení .....	38
5.1.3 Zkušební úrovně pomalých změn napětí na elektrickém zařízení.....	39
5.1.4 Zkušební úrovně poklesů a krátkých přerušení napětí komponentů EPS, PZTS, CCTV, SAS a ACS .....	40
5.2 ZKUŠEBNÍ SESTAVA .....	41
5.2.1 AXOS 5 .....	42
5.2.2 TESEQ NSG 3040-DDV .....	44
5.2.3 UCS 500N5 .....	45

5.3	POSTUP ZKOUŠKY .....	46
5.3.1	Provedení zkoušky pro krátkodobé poklesy a krátká přerušení napětí .....	47
5.3.2	Provedení zkoušky pro pomalé změny napětí .....	48
5.4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠKY .....	48
5.5	PROTOKOL O PROVEDENÍ ZKOUŠKY .....	48
5.6	OSOBY PROVÁDĚJÍCÍ TESTOVÁNÍ ODOLNOSTI .....	49
5.7	PRAKTICKÝ PLÁN ZKOUŠKY .....	50
<b>6</b>	<b>NÁVRHY ŘEŠENÍ REDUKUJÍCÍ ÚČINKY ZMĚN A PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ.....</b>	<b>53</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>71</b>



## ÚVOD

V dnešním novodobém světě moderní techniky, elektroniky a rozmachu jsou vyráběna zařízení, aby lidem usnadili práci a život, což je velká výhoda, ale velkou nevýhodou je nejen konstrukční složitost těchto zařízení, ale i cena. Tyto zařízení jsou však vystavovány rizikům, o kterých obyčejný člověk vůbec neví, protože vznikají v elektrické síti a spousta z nich není rozeznatelná bez použití měřicího přístroje. Mohou způsobit poruchu, poškození nebo dokonce i zničení připojeného zařízení do elektrické sítě a jedná se o poklesy, změny a přerušení napětí.

Prvním, důležitým faktorem je proces výroby elektrické energie a samotná distribuce přímo k odběratelům. K distribuci elektrické energie k odběratelům se používají tzv. přenosové a distribuční soustavy, které přenáší napětí a v trafostanicích se transformuje napětí z vysokých hodnot až 400kV na síťové napětí 230V nebo 400V. V případě správné distribuce je potřeba zjistit proč a jak vznikají tyto negativní změny napětí, důkladně je analyzovat a vyhodnotit. Dále je třeba zjistit, jak vážné mohou být negativní účinky pro zařízení určité změny, poklesy a přerušení napětí.

Je potřeba redukovat změny a přerušení napětí a to buď preventivně, to se jedná o údržbu zařízení nebo modernizace systémů nebo pomocí dalších zařízení či systémů redukovat již při poklesech nebo přerušení napětí.

Důležitou součástí je testování odolnosti zařízení podle normy ČSN EN 61000-4-11, která pojednává o zkoušce odolnosti pro krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení a pomalé změny napětí. Tato norma přesně stavuje zkušební úroveň, zkušební sestavu, postup a vyhodnocení. Po absolvování celého testu odolnosti je vytvořen protokol, který stanoví, zda zkoušené zařízení je možné používat v praxi.

Cílem a zároveň i přínosem diplomové práce je, navrhnout řešení redukovající účinky změn a přerušení napětí. Jedná se o více řešení, u spousta zařízení stačí pouze preventivní údržba a modernizace zastaralých systémů, u dalších zařízení je potřeba využití speciálních zařízení pro redukci změn a přerušení napětí, ale připojení speciálních zařízení je velmi finančně náročné. Je možné také zpřísnit testování EMS dle normy ČSN EN 61000-4-11 nebo změnit konstruování zařízení na větší odchylky napájecího napětí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ROZVODNÁ SÍŤ ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE

Lidé by si nedokázali představit život bez elektrické energie neboli bez elektřiny by nebylo civilizace. K potřebám člověka je energii nutné nejen vyrobit, ale také distribuovat do domácností.

Rozvodnou síť tvoří soustava kabelů, drátů nebo vodičů, kterou vedou elektrickou energii ve vzduchu, pod zemi i pod vodou. Rozvodnou síť můžeme přirovnat k dálniční síti, protože tvoří pátevní soustavu potřebnou k zajištění přenosu velkého množství energie na velké vzdálenosti.

## Historie

První člověk na světě, který se snažil vyrobit elektrickou energii a rozvést ji do ostatních domácností ve velkém byl Tomáš Alva Edison. Edison se snažil položit kabely do země, což se povedlo, bohužel ale platil vysoké pokuty za rozkopené chodníky, ale i tento problém ho vůbec neodradil. Zlomovým okamžikem v jeho životě bylo 4. září 1882, kdy dokázal osvětit řadu domů dlouhou 25 km, čímž si sklídl ovace.

Podle historických pramenů byla takováto první světelná zkouška u nás provedena 13. března 1887. V našem kraji byl podobným zastáncem výroby elektrické energie jako Edison František Křížík, který byl také zastáncem rozvodu stejnosměrného elektrického napětí. [1]

## 1.1 Přenosová soustava

Přenosová soustava se využívá k dodání elektrické energie vyrobené v elektrárně k velkým rozvodnám VVN a využívá kabelů nebo drátů. V těchto rozvodnách se napětí VVN (400kV, 220kV) transformuje na napětí VN 22kV.

Výstavba elektrického vedení je velmi nákladná věc proto se dříve elektrárny stavěli co nejbližší k místu spotřeby (v blízkosti velkých měst). Dále docházelo ve vedení ke značným ztrátám, ale podařilo se zamezit těmto ztrátám navýšením napětí a tím se ztráty minimalizovali.

V České republice provozuje přenosovou soustavu státní společnost ČEPS. Její síť tvoří vedení velmi vysokého napětí 400kV (VVN), vysoké napětí 220kV (VN) a vybraná vedení mají 110kV. Přenosová síť je ukončena ve 30 transformačních stanicích a snižž je elektřina rozváděna lokálními distributory (ČEZ, eOn).

Přenosová soustava, jako první člen, zajišťuje vyrovnávání výkyvů v síti. Z míst s přebytkem elektřiny jí odvádí tam, kde je jí nedostatek. Může se to stát například při živelních katastrofách, kdy dojde na několika místech k přerušení sítí. Proto je třeba síť velmi pečlivě sledovat a hlídat. Každá přenosová síť má totiž pouze určitou kapacitu, a pokud dojde k jejímu překročení, hrozí výpadek sítě, který se následně může začít lavinovitě šířit. Právě proto mají provozovatelé přenosových a distribučních sítí svá dispečerská stanoviště, která síť neustále monitorují. [2]

Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka

- Vedení 400kV            3508 km            (dvojité a vícenásobné vedení 1145 km)
- Vedení 220kV            1910 km            (dvojité a vícenásobné vedení 1039 km)
- Vedení 110kV            83 km                (dvojité a vícenásobné vedení 77 km) [3]

Schéma rozvodné sítě v ČR



Obrázek 1. Schéma rozvodné sítě v České republice [3]

## 1.2 Distribuční soustava

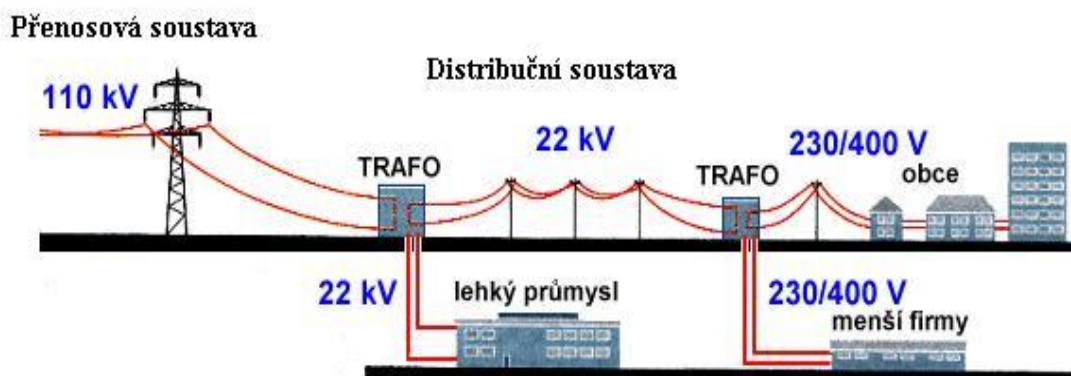
Elektrické napětí v distribučních soustavách VN je 22kV, v severních částech republiky se využívá i napěťová hladina 35 kV. V městských sítích se ojediněle můžeme setkat s napěťovou hladinou 10 kV a 6 kV. Napěťová hladina 6 kV je používána i v průmyslových sítích.

Elektrická energie na nižších napěťových hladinách se od velkých rozvodů distribuuje ke konečným spotřebitelům a to prostřednictvím tzv. distribuční soustavy, kterou zajišťují lokální distributoři (ČEZ, eOn).

Je to systém zařízení, která zajišťují přenos elektrické energie od výrobců k odběratelům, čímž se myslí část od rozvodů k jednotlivým uživatelům, například domácnostem, se nazývá distribuce elektrické energie. Distribuční soustavy jsou ukončeny v místních trafostanicích, kde se transformuje napětí VN na nízké napětí NN 400V nebo 230V. [2]

Na tyto soustavy je kladen důraz na 3 hlavní činitele:

- **spolehlivost,**
- **nepřetržitost,**
- **bezpečnost.**



Obrázek 2. Přenos elektrické energie v ČR [13] (upravil Foukal, 2014)

### Dílčí závěr

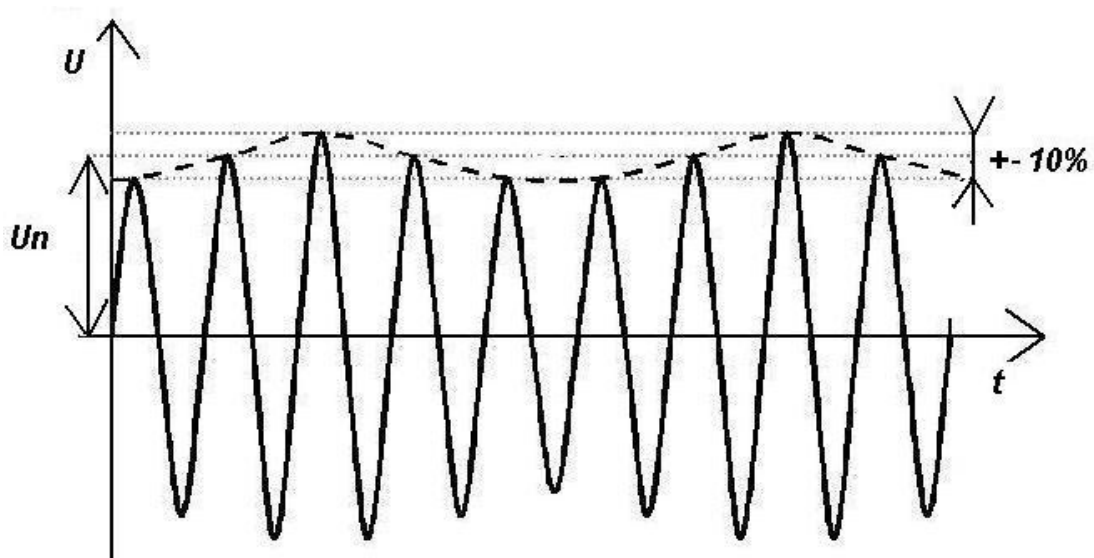
Důležitým prvkem tohoto přenosu je vlastní výroba (transformace) elektrické energie v elektrárně z jiných zdrojů (sluneční, větrné, tepelné). Po transformaci na elektrickou energii začíná přenos k samotným odběratelům. První přenos zajišťují přenosové soustavy na napěťových hladinách VVN pomocí drátů, po kterých přechází el. energie do trafostanice, kde je hodnota napětí transformována na 22kV. Tato hodnota napětí je v další trafostanici transformována na již známou hodnotu napětí pro odběratele a to 230V nebo 400V. Tato kapitola byla jako seznámení přenosu elektrické energie z elektrárny až k samotným odběratelům. Můj názor na tyto nadzemní soustavy je kladný, určitě je to lepší způsob přenosu elektrické energie než kabely v zemi, což by bylo daleko finančně dražší jak na vybudování, tak i opravy.

## 2 VZNIK KRÁTKODOBÝCH POKLESŮ NAPĚTÍ, PŘEPĚTÍ, POMALÝCH ZMĚN NAPĚTÍ A PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ

Kvalita elektrické energie dodávané prostřednictvím veřejné distribuční sítě nízkého napětí (sít' nn, tj. v našich podmínkách 230 V/50 Hz, popř.  $3 \times 400$  V/50 Hz) se může v čase značně měnit v závislosti na mnoha činitelích s různou mírou vlivu. Jestliže odchylka od standardu překročí jistou úroveň, může napájené zařízení začít chybně fungovat nebo dokonce může být vyřazeno z provozu a to buď' přechodně, nebo trvale s nutností servisního zásahu.

### Odchylky napětí

S vyloučením přerušení napájení musí být během každého týdne 95% průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 min. v rozsahu  $U_n \pm 10\%$ . Tedy od 207V do 253 V. [2]



Obrázek 3. Odchylky napětí v elektrické síti [7] (upravil Foukal, 2014)

### Legenda

$U_n$  – napájecí napětí 230V

$\pm 10\%$  - odchylka napájecí napětí

$U$  – napětí

$t$  - čas

## 2.1 Analýza krátkodobých poklesů napětí

Podle ČSN EN 50160 je vznik krátkodobých napětí definován jako „*náhly pokles napájecího napětí na hodnotu mezi 90% až 1% dohodnutého napětí ( $U_n$ ), po kterém následuje obnovení napětí během krátkého časového intervalu, konvekční doba trvání krátkodobého poklesu napětí je mezi 10ms a 1minutou, hloubka krátkodobého poklesu napětí je definována jako rozdíl mezi minimální efektivní hodnotou napětí v průběhu krátkodobého poklesu napětí a dohodnutým napětím, změny napětí které nesnižují napájecí napětí na méně, než 90% dohodnutého napětí  $U_n$  se nepovažují za krátkodobé poklesy napětí*“. [4]

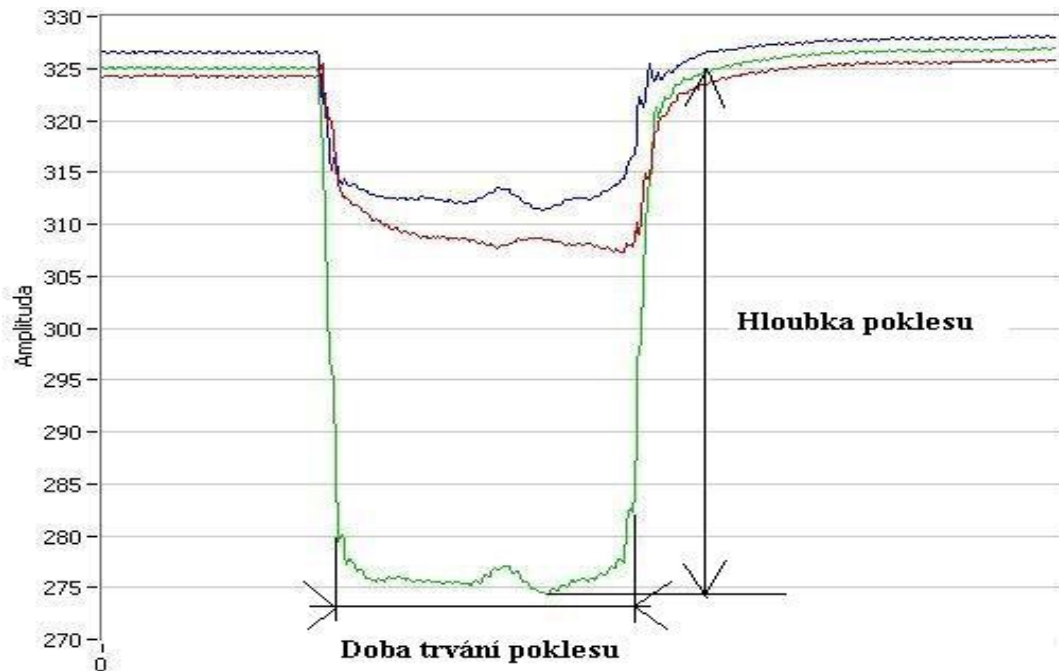
Krátkodobé poklesy napětí jsou nepředvídatelné, převážně náhodné události, jejichž původ je hlavně v elektrických poruchových stavech rozvodné napájecí sítě nebo velkých instalací. Tento dvojrozměrný rušivý jev, ve kterém úroveň rušení stoupá v závislosti jak na hloubce poklesu, tak i na době jeho trvání jak je možno vyčíst s normy ČSN EN 50160.

**Pokles napětí (dip)** je krátkodobé snížení nebo úplná ztráta efektivní hodnoty napětí. Je specifikován dobou trvání a zbytkovým napětím, což je napětí v nejnižším bodě během poklesu, které je obvykle vyjádřeno jako procento jmenovité efektivní hodnoty napětí. Pokles napětí znamená, že není dodávána požadovaná elektrická energie do zátěže, což může mít vážné následky v závislosti na typu zátěže. [10]

**Krátkodobý pokles napětí** charakterizují tyto dva základní parametry:

- **hloubka poklesu** s hodnotami v rozmezí od 10 do 100 %  $U_n$  (pokles s hloubkou větší než 95 %  $U_n$  se přitom již obvykle označuje jako krátkodobé přerušování napětí, při zkratu na vedení závisí hloubka poklesu napětí na vzdálenosti vyšetřovaného bodu sítě od místa zkratu (v místě zkratu napětí klesne až k nule, tj. dojde k jeho přerušování),
- **doba trvání poklesu** s hodnotami od 10 ms až do jedné sekundy v závislosti na způsobu eliminace poruchy (v přenosových systémech s velmi rychlým systémem ochrany anebo při použití zařízení se samočinným odstraněním poruchy se krátkodobé poklesy napětí často daří eliminovat v době do 0,1 s).[2]





[8]

Obrázek 4. Hloubka poklesu a doba trvání poklesu průběhu amplitudy první harmonické [8] (upravil Foukal, 2014)

**Dlouhodobé poklesy napětí (sags)** jsou obvykle způsobeny úmyslným snížením napětí buď dodavatelem z důvodu omezení zatížení v čase maximálního odběru, nebo "měkkou" sítí v závislosti na jejím zatížení.

Případem poklesu napětí způsobeného na straně distributora může být pomalé řízení napětí elektrické sítě např. při změnách její konfigurace. Na straně spotřebitele nastávají poklesy napětí v důsledku aktivit připojených uživatelů (spotřebičů) s dynamickým odběrem proudu. Často je krátkodobý pokles napětí příznakem zkratu na vedení.

Poklesy napětí mohou být způsobeny taky spínacími operacemi, při nichž jsou zapínány velké odběry nebo zkratovými poruchami a následnou funkcí ochran (např. opětovného zapínání). Tyto poruchy mohou pocházet z odběratelských sítí, z veřejných rozvodných sítí nebo mohou být způsobeny atmosférickými vlivy. Poklesy napětí jsou také způsobeny změnami jalového a činného proudu odebíraného zátěžemi připojenými k síti a tak způsobujícími změny úbytku napětí na impedanci sítě.

V určitých případech mohou být poklesy napětí způsobeny změnami zkratového výkonu sítě, způsobenými změnami ve skladbě generátorů nebo změnami v konfiguraci sítě. Poklesy v síti jsou normální jev. Často se s nimi setkají domy připojené na samém konci vedení. Na trase jsou jistě připojeny i jiné objekty, které samozřejmě odebírají ze stejného vedení elektrickou energii, a tyto spotřebiče způsobují na vedení úbytky napětí. Mohou být také na přívodu přechodové odpory a na těchto přechodových odporech vzniká úbytek napětí, který způsobuje jeho pokles.[2], [5]

### 2.1.1 Poklesy vlivem velké zátěže

Jestliže se rozbíhá velká zátěž, jako např. velké pohony, je **rozběhový** proud mnohem větší, než **normální** provozní proud. Jelikož jsou napájecí síť a instalační kabeláž dimenzovány na normální provozní proud, vysoký rozběhový proud způsobí pokles napětí jak v napájecí síti, tak i ve vnitřní instalaci. Velikost tohoto jevu závisí na "tvrdosti" sítě, tj. jak je nízká impedance ve společném napájecím bodě a na impedanci instalační kabeláže. Poklesy napětí vlivem rozběhového proudu jsou charakteristické **malou** hloubkou poklesu a **delší** dobou trvání.

### 2.1.2 Poklesy způsobené poruchami v síti nebo distribuční soustavě

Jsou charakterizovány zpravidla **větší** hloubkou poklesu napětí a **kratší** dobou trvání. Při vzniku zkratu v elektrické síti protéká daným zkratovým obvodem (od jednotlivých napájecích bodů k místu poruchy) zkratový proud, který způsobuje na jednotlivých prvcích přenosových cest (vedení, transformátory) hluboké úbytky napětí. Nacházejí-li se v těchto bodech sítě odbočky s odběry, jsou tyto odbočky postižené snížením napětí, jehož hloubka je úměrná k elektrické vzdálenosti od místa poruchy (zkratu). Největší hloubka poklesu napětí je u odběrů nacházejících se v blízkosti místa zkratu. Délka trvání poklesu napětí je závislá od funkce ochrany, od doby lokalizace místa poruchy a jeho následného odpojení. Délka poklesu se pohybuje řádově v jednotkách až desítkách period napájecího napětí. [6]

## 2.2 Analýza krátkodobé změny napětí – přepětí

**Přepětí** je napětí, které přesahuje nejvyšší hodnotu provozního napětí v elektrickém obvodu. Pulzní přepětí je krátkodobé přepětí, trvající řádově nanosekundy až milisekundy. Patří mezi nejvýraznější a nejškodlivější projevy elektromagnetické interference (rušivých vlivů) a ohrožuje zvláště elektronické zařízení obsahující polovodičové součásti. [2]

### Vznik přepětí

K nejčastějším zdrojům přepětí v rodinném domě patří přípojka nízkého napětí, po které galvanickou cestou přichází impulzy od vzdálených úderů blesku, spínací přepětí ze sítě vysokého i velmi vysokého napětí, ale i od větších spotřebičů na přípojce i ve vlastním domku. Zdrojem je například spínání přímotopů a bojlerů, mrazáků apod. Obdobně energii vzdálených úderů blesku přivede i přípojka telefonu. Elektromagnetickou indukcí se naindukují v domovních rozvodech nebezpečné přepětí až do vzdálenosti 1,5 km od místa úderu blesku. Při blízkém a přímém úderu blesku se bleskové proudy i v případě kabelové přípojky nízkého napětí dostanou na uzemněný vodič PEN a při vyrovnávání potenciálů vůči fázovým vodičům dochází k velikým škodám v důsledku průrazů izolace a přeskoků jisker na svorkách. Následkem přeskoků a průrazů bývají zkraty a v mnoha případech i požáry.

Pulzní přepětí vzniká přirozenou cestou – při úderu blesku, přímo nebo vazbou kapacitní, induktivní a galvanickou a přepětím vzniklým elektromagnetickou indukcí do metalických vedení až do vzdálenosti několika kilometrů, při elektrostatickém výboji a při spínacích jevech v sítích VVN, VN a NN. [2]

### Důvody vzniku přepětí v síti

#### 1) Přímý úder blesku:

Výboj blesku je charakterizován vysokými amplitudami proudu dosahující hodnot až přes 400 kA. Průměrné hodnoty v podmínkách ČR dosahují 30 až 50 kA. Udeří-li blesk přímo do objektu, zvýší se ve zlomku sekundy potenciál krytů a ochranných vodičů veškeré elektroinstalace se základovým uzemněním. Tím začne protékat destruktivní vysoký vyrovnávací proud z uzemněných částí přístrojů do napájení datových a silových systémů.

Současně se mohou ve velkých smyčkách vedení, která nejsou spojena se systémem vyrovnání potenciálů, indukovat vysoká napětí. [2]

## **2) Úder blesku do rozvodu nízkého napětí nebo rozvodu telekomunikačního**

Při vzdáleném úderu blesku se po síti NN šíří rychlostí blízkou rychlosti světla vlny s velmi vysokou amplitudou napětí ohrožující jakoukoli elektroniku. Proto, dříve než je slyšet zahřmění blesku, mohou být již počítače, faxy, ústředny, televizory, hifi přístroje, měřicí, řídicí a regulační zařízení a další poškozeny nebo zničeny.

## **3) Úder blesku do vedení VN a VVN**

Při úderu blesku do vedení VN a VVN sice transformátory částečně tlumí přenos energie pulzu do rozvodů NN, ale přepětí se do těchto rozvodů dostane několika cestami: kapacitní vazbou mezi primárním a sekundárním vinutím, induktivní vazbou mezi přívody VN a vývody NN, přímou, i když utlumenou, transformací mezi primárním a sekundárním vinutím a galvanickou vazbou přes společné uzemnění VN a NN rozvodu. [2]

## **4) Nepřímý úder blesku – vazby**

I když blesk neuhodí přímo do objektu, vedení nebo zařízení, může ve vedení vzniknout pulzní přepětí galvanickou vazbou přes uzemnění, resp. kapacitní a induktivní vazbou na vedeních galvanicky oddělených od výboje blesku a to až do vzdálenosti 2 km.

## **5) Výboje typu “mrak – mrak”**

I když blesk neudeří do země, nýbrž proběhne výboj mezi mraky, vyvolá zrcadlový náboj na povrchu země a indukuje napětí na rozvodech silových a datových vedení. Následky šířících se vln s velmi vysokou amplitudou napětí jsou shodné s bodem 2. [2]

## **6) Spínání v síti NN**

Ke vzniku přechodových přepětí dochází při zapínání, vypínání, připojování a odpojování induktivních a kapacitních zátěží a také při zkratech v napájecí síti.

### 7) Spínání a přepínání v sítích VN a VVN

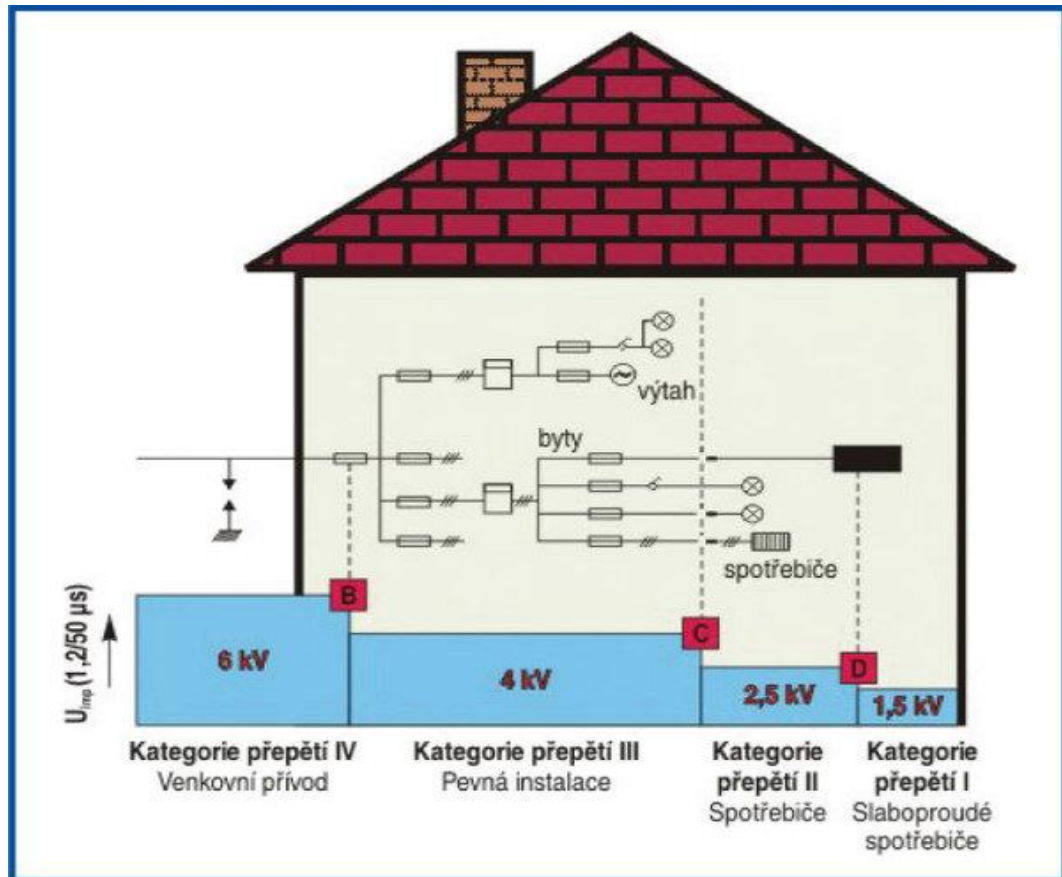
Spínací přepětí ze sítě VN a VVN se parazitními kapacitními a indukčními vazbami přenáší do rozvodů NN s dopady obdobnými jako u vzdálených úderů blesku. [2]

### 8) Elektrostatický výboj

Tento typ výboje vzniká při mechanickém tření dvou izolantů (v technologii, při pohybu osob po nevhodné podlaze apod.) a působí lokálně. Dá se mu předcházet vhodnou úpravou materiálu, vodivými povlaky, ionizací apod. [2]

Můžeme se setkat s **kategoriemi přepětí**, pro třífázovou síť nn 400 nebo jednofázovou síť 230 V, která je číselně definována takto:

- **Kategorie IV** - na přívodu do budovy, kdy se jedná o začátek instalace, nemá přepětí překročit 6 kV,
- **Kategorie III** - za hlavním rozváděčem, což je zařízení pevné instalace, přepětí nemá překročit 4 kV,
- **Kategorie II** - na vývodech z podružných rozváděčů, což je zařízení určené pro připojení k pevné instalaci, přepětí nemá překročit 2,5 kV,
- **Kategorie I** - u speciálně chráněných zařízení, což jsou slaboproudé spotřebiče, nemá přepětí překročit 1,5 kV.



Obrázek 5. Kategorie přepětí [9]

### 2.3 Analýza přerušení napětí

Přerušení napětí nastane, když se hodnota napětí v síti sníží pod hodnotu 10%  $U_n$  (méně než 23V). Hlavním důvodem výpadku napětí je porucha v přenosové nebo distribuční soustavě, zapříčiňují to živelné katastrofy jak například pád stromu na vedení, vliv počasí na vedení nebo spínání zátěží velkých výkonů. [10]

Přerušení napájecího napětí jsou tříděny:

**Předem dohodnutá (prearranged)** – při kterých jsou odběratelé elektrické energie předem informováni, umožňující provádění plánovacích prací na distribuční a přenosové síti.

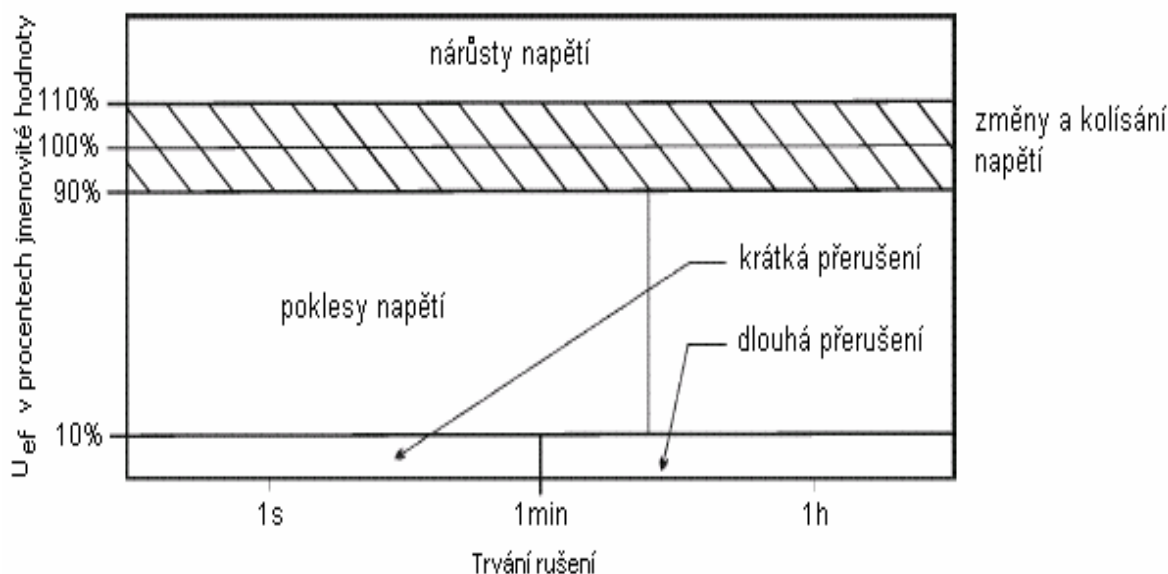
**Poruchová (accidental)** – jsou nepředvídatelnou, z velké části náhodnou událostí, způsobenou trvalými nebo přechodnými poruchami, většinou spojenými s vnějšími vlivy, poruchami zařízeními nebo rušením, poruchová přerušení se dělí:

- **Krátkodobá přerušení napětí**

Roční výskyt krátkodobých přerušení napájecího napětí je v rozsahu od několika desítek až do několika stovek. Přibližně 70% krátkodobých přerušení může mít dobu trvání menší než 1 sekunda avšak neměla by překročit více jak 1 minutu, pak by se jednalo o dlouhodobá přerušení napětí.

- **Dlouhodobá přerušení napětí**

Roční četnost poruchových přerušení napětí delších než 1 minuta může být menší než 10, avšak v závislosti na oblasti může dosahovat až hodnot okolo 50. [4]



Obrázek 6. Klasifikace změn napětí [11]

## 2.4 Analýza pomalých změn napětí

Pomalé změny napětí nejsou tak rozsáhlým jevem vznikajícím v elektrické síti, jsou podobné krátkodobým poklesům napětí, vznikají vlivem spouštění rozběhových motorů, kdy se změní napětí vlivem rozběhového proudu a jsou charakteristické **malou** hloubkou poklesu a **delší** dobou trvání. Jedná se většinou o pokles napětí, než o zvýšení hodnoty napětí. [10]

### Dílčí závěr

Jakékoliv změny napětí nebo přerušení napětí vznikající v elektrické síti nebo přenosových, či distribučních soustavách mají neblahý vliv na koncové zařízení. V případě malých změn napětí  $\pm 10\%$  nejsou pro zařízení škodlivé, ale překročení této hranice může být zařízení poškozeno nebo dokonce zničeno.

Důležitým faktorem spolehlivosti zejména u výpočetní techniky je ochrana a zálohování dat, jenže v běžné praxi se často omezuje zálohování jen toho nejnnutnějšího, ba dokonce ničeho. Při změně napětí se data většinou neztratí, ale v případě přerušení napětí se neuložené data ztrácí a naše práce byla “nazmar“. Poruchy při napětí se řadí na čelní příčky pomyslných hitparád poruch u elektrotechnických zařízení, proto je toto téma tak často probírané.



### 3 NEGATIVNÍ DŮSLEDKY ZMĚN NAPĚTÍ

Změna napětí, ať už se jedná o pokles, přepětí nebo přerušení napětí, má vliv špatný vliv na každé elektrické zařízení.

Při změně napětí v odchylce, tedy  $\pm 10\%$ , zařízení není vystavováno velké změně a musí být konstruováno tak, aby nebylo nijak poškozeno nebo ovlivňováno. V případě poškození je možné zařízení reklamovat.

#### 3.1 Negativní důsledky poklesu napětí na elektrické zařízení

Snížením napětí pod hodnotu  $90\% U_n$  do  $10\% U_n$  není zařízení napájeno napětím, které určuje výrobce a tak může být zařízení poškozeno, zničeno nebo může dojít ke ztrátě veškerých dat.

Původy poklesu napětí jsou většinou případů poruchy v přenosové soustavě, distribuční soustavě nebo v samotné elektrické síti, spínáním velkých zátěží jako například pohony motorů, bojlerů, svařovací přístroje.

Důsledky těchto změn napětí jsou vážné zejména v průmyslových oblastech, kde se využívá velkého množství zařízení.

Pokles napětí je vážné zejména pro tyto oblasti:

1. výrobní linky
  - přímé ztráty z nevýroby nebo vyrobených zmetků,
  - špatná funkčnost řídicího systému.
2. počítačové sítě – poruchy zdroje, možná ztráta dat,
  - poruchy zdroje,
  - možná ztráta nezálohovaných dat
3. osvětlení – snižování životnosti,
  - snižování životnosti svítidel,
  - zničení osvětlovacího prvku (žárovka, zářivka).

#### 4. pohony asynchronních motorů

- snížení výkonu motoru,
- poškození motoru.[2]

### 3.2 Negativní důsledky přepětí na elektrické zařízení

Přepětí neboli napětí přesahující nejvyšší hodnotu provozního napětí v elektrickém obvodu.

Dočastné přepětí vzniká při poruchách v síti (při skratech), překompenzování v síti nebo u řízení v alternátorech, kdežto přechochodné přepětí vzniká spínáním induktivních zátěží (naprázdno), spínáním kapacitních zátěží, ale hlavně bouřkami s výboji blesku.

Důsledky přepětí jsou pro zařízení devastující:

#### 1. elektrická zařízení v průmyslových oblastech i v domácnostech

- zařízení poškozeno, může však být opraveno,
- není opravitelné,
- zrychlené stárnutí, rychlejší opotřebených součástek,
- vznik “vznik studených spojů”.

#### 2. výboj blesku zasáhne dodávky elektrické energie

- zničení vodičů přenosové soustavy,
- zničení vodičů distribuční soustavy,
- zničení rozvodů elektrické sítě objektu.

#### 3. indukovaná rušení v řídicích obvodech

- jednotlivé řídicí obvody nepracují správně,
- ovlivňování dalších obvodů, špatná funkce zařízení.

#### 4. tepelné namáhání zařízení

- odpálení jednotlivých součástek,
- zničení desky plošného spoje. [2]

### 3.3 Negativní důsledky přerušení napětí na elektrické zařízení

Snížení napětí pod hodnotu 10%  $U_n$  přeruší napětí u elektrických zařízení, zařízení není napájeno a ztratí se veškeré data či dojde k poruše. Přerušení napětí vzniká pouze z jednoho důvodu a to poruchami v přenosové nebo distribuční soustavě nebo taky v samotné síti. Důsledek je vliv počasí (vítr, který vyvrátí strom na vedení) nebo opotřebení materiálu (poškození).

Důsledky jsou vážné v těchto oblastech:

1. výrobní linky
  - přímé ztráty z nevýroby nebo vyrobených zmetků,
  - ztráty vzniklé poškozením řídicího systému,
  - možné poškození některých agregátů výrobních linek,
  - ztráty způsobené nutností restartu řídicího systému,
  - přímé ztráty z nevýroby nebo vyrobených zmetků,
  - ztráty způsobené dlouhým postupným obnovením chodu výrobních linek.
2. osvětlení a zabezpečovací systémy
  - nefunkční osvětlení,
  - nefunkčnost zabezpečovacích systémů, může dojít k násilnému vloupání do objektu
3. nemocnice, letiště
  - ve větších objektech dochází ke kolapsu celého systému.
4. počítačové sítě
  - nefunkčnost veškerých elektrotechnických zařízení,
  - ztráta nezálohovaných dat,
  - poškození počítačových sítí.
5. zařízení s elektrickými pohony
  - nefunkčnost motorů. [2]

**Dílčí závěr:**

Každá změna napětí, ať už poklesy napětí, přepětí či dokonce výpadek napětí negativně působí na každé elektrické zařízení. Záleží na míře ochrany zařízení, k jakému poškození dojde při změně napětí na vstupních svorkách zařízení. Taky záleží na velikosti změny napětí, pokles s mírnou změnou není tak vážný jako například přepětí po úderu blesku.

Pokles napětí nebo pomalá změna napětí může způsobit ztrátu neuložených dat, restartování zařízení, u zabezpečovacích zařízení můžou prvky nesprávně pracovat a může dojít k nesprávné funkci PZTS nebo EPS, ale v 99% těchto poklesu není zařízení zničeno či nějak poškozeno, stačí pouze servisní úprava zařízení, aby správně pracovalo.

Přepětí a výpadek napětí způsobí daleko horší škody, při přepětí je zařízení poškozeno a ve většině případů zničeno a jediná možnost je zřízení nového zařízení. U výpadku napětí tyto škody nejsou tak rozsáhlé, jedná se o jistou ztrátu neuložených dat, naprogramované zařízení mohou špatně pracovat a v nejhorším případě dojde i k poškození zařízení.

Tyto negativní vlivy je možné eliminovat přídatnými elektrickými zařízení nebo součástkami, tímto tématem se budu zabírat na závěr mojí diplomové práce.

## 4 ELEKROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA

**Elektromagnetická kompatibilita** (slučitelnost) EMC - je definována jako schopnost zařízení, systému či přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (přirodní či umělé) a naopak svou vlastní "elektromagnetickou činností" nepřístupně neovlivňovat své okolí, tj. nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení. [12]

### 4.1 Rozdělení oblastí EMC

Oblasti EMC se dělí na dvě odvětví a to na EMC biologických systémů a EMC technických systémů.

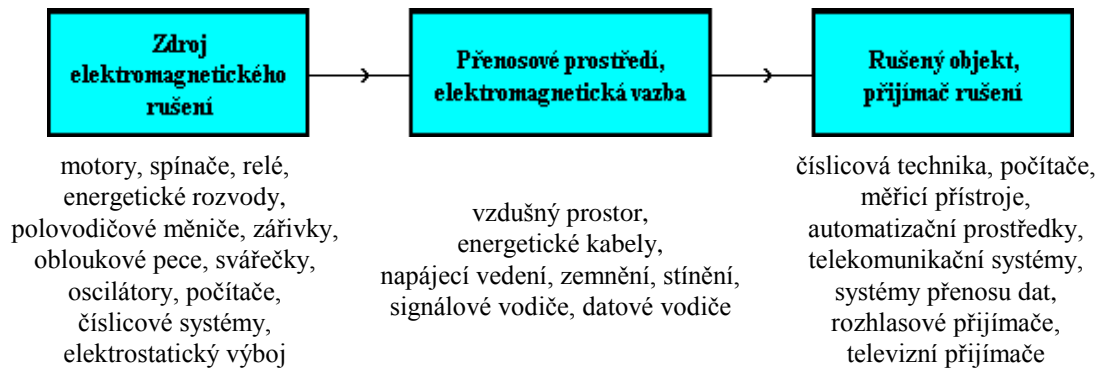
#### 4.1.1 Elektromagnetická kompatibilita biologických systémů

EMC biologických systémů se zabývají pracoviště zkoumající vliv elektromagnetického pole na lidský organismus. Na každého člověka působí elektromagnetické pole jinak, protože regenerace a přizpůsobení jedince je individuální. Nežádoucí vlivy na člověka se nepovažuje jen působení elektromagnetického pole na jeho pracovišti (výpočetní střediska, obsluha vysílačů), ale i dlouhodobé používání elektrických přístrojů v domácnosti (televizní a rozhlasové přijímače, osobní počítače). Proto je velmi obtížné analyzovat změny v organismu a na základě statistických výsledků dojít k obecně platným závěrům. [12]

#### 4.1.2 Elektromagnetická kompatibilita technických systémů

Druhá oblast EMC se zabývá problémem technických systémů a zařízení působících, zejména vzájemným působením elektrotechnických či elektronických přístrojů a zařízení. [12]

Při zkoumání EMC daného zařízení či systému (technického i biologického) se vychází vždy z tzv. **základního řetězce EMC**, naznačeného na obrázku 10. Tento řetězec se zaobírá systémovým charakterem problematiky EMC, kdy v obecném případě vždy vyšetřujeme tři jeho složky.



Obrázek 7. Základní řetězec EMC a příklady jednotlivých oblastí [12]

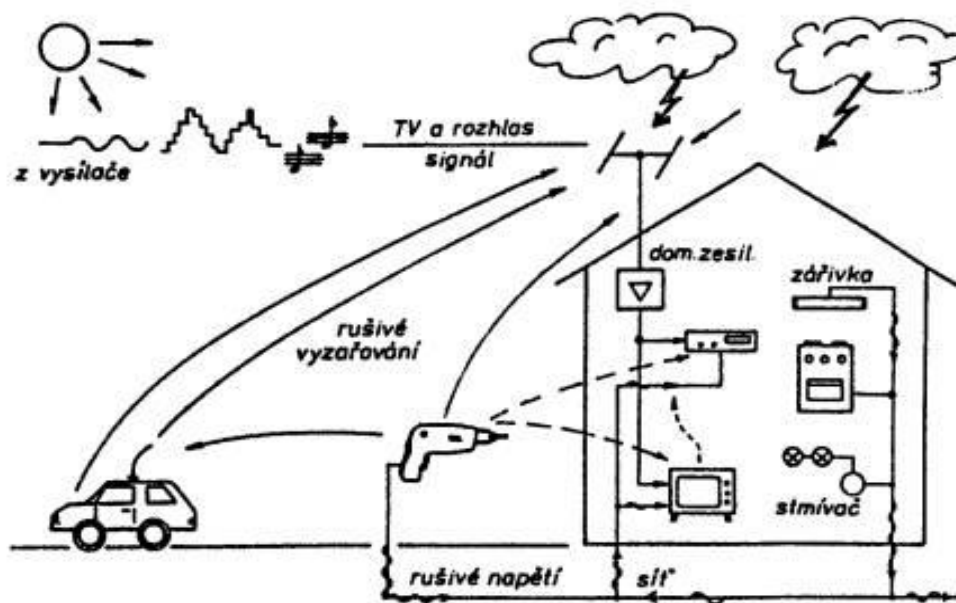
Zdroj elektromagnetického rušení zkoumá vznik, charakter a intenzitu rušení. Tyto zdroje mohou být:

- přírodní – slunce, polární záře, rušivé emise, blesky,
- umělé – elektrické motory, elektrické zařízení a spotřebiče, sdělovací prostředky, elektroenergetické rozvody, atd.

Elektromagnetické přenosové prostředí a jeho vazby jsou způsoby a cesty, kterými se dostává rušení od zdroje do rušených objektů.

Třetí oblast se zabývá problematikou přijímačů rušení klasifikací typů a podrobnou specifikací rušivých účinků na základě analýzy konstrukčních a technologických parametrů zařízení. [12]

Zařízení, jejich určitá část nebo systém mohou být jak zdrojem, tak přijímačem elektromagnetického rušení, v praxi se taky řeší vzájemné vztahy více systému navzájem se ovlivňujících. Na obrázku 8 je zakresleno vzájemné působení více systémů.

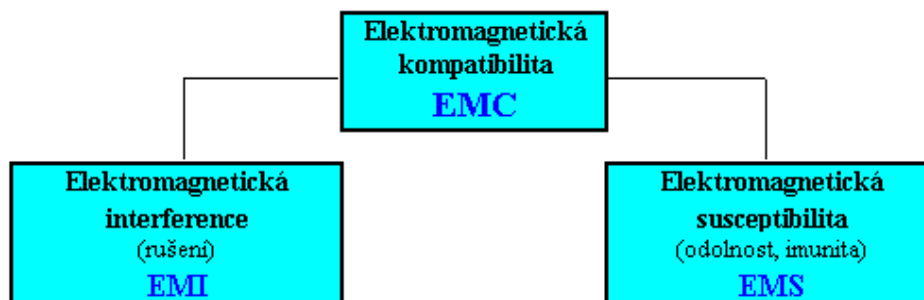


Obrázek 8. Příklady různého vzájemného působení rušivých signálů [12]

Ve skutečném řetězci se nikdy nejedná pouze o jeden zdroj rušení a přijímač rušení, ale o celou škálu systému navzájem se ovlivňujících. V běžném životě se prvním případě vyhledávají nejprve systémy ovlivňující (zdroj rušení) a systémy ovlivňované (přijímače rušení). Rušivé působení na systém může projevit zhoršením kvality systémových parametrů, částečné nebo úplné omezení funkce nebo dokonce ke zničení systému.

## 4.2 Základní členění problematiky EMC

Elektromagnetická kompatibilita se dělí z pohledu technických systémů na dvě základní části a to na elektromagnetickou interferenci (rušení) – EMI a elektromagnetickou susceptibilitu (odolnost) – EMS.



Obrázek 9. Základní členění problematiky EMC [12]

#### 4.2.1 Elektromagnetická interference EMI

Elektromagnetická interference neboli rušení je nežadoucí jev, který negativně ovlivňuje provoz elektrických nebo elektrotechnických zařízení a tím způsobuje jejich špatnou funkčnost.

EMI se zabývá problematikou:

- identifikací zdrojů rušení,
- příčinami vzniku a účinky rušení,
- popisem a měřením rušivých signálů,
- identifikací parazitních přenosových cest.

Elektromagnetická interference se týká hlavně **příčinami** vzniku rušení a jejich **odstraňováním**, proto se v praxi využívá technických opatření především na straně zdrojů rušení a omezením přenosových cest neboli vazeb mezi zdrojem a přijímačem rušení. [14]

#### 4.2.2 Elektromagnetická susceptibilita EMS

*„Elektromagnetická susceptibilita neboli elektromagnetická citlivost či elektromagnetická odolnost vyjadřuje schopnost zařízení pracovat bez poruch nebo s přesně definovaným přípustným vlivem v prostředí, v němž se vyskytuje elektromagnetické rušení“.* [12]

Elektromagnetická odolnost se spíše využívá při odstraňování **důsledků rušení**, bez odstraňování jejich příčin.

EMI i EMS zahrnují spoustu společných kroků a postupů při měřeních a testováních. V případě měření elektromagnetického rušení se jedná o měření rušivých signálů a jejich identifikaci a výsledkem by se mělo dojít k závěru, zda vybrané zařízení splňují vybrané parametry na přijímači rušení a rozhraní zdrojů.

V případě elektromagnetické odolnosti se nejedná tak o měření, ale spíše o testování zařízení pomocí simulátorů rušení. Toto testování se nevyužívá až hotovém zařízení, ale v průběhu jeho zpracování a výsledkem je praktické ověření stupně EMC zařízení. [14]

#### Dílčí závěr

V domácnostech i firmách se neustále zvyšují množství elektrických zařízení a tím také stoupá úroveň rušení a to skoro v celém kmitočtovém rozmezí od 50 Hz až po GHz.



V zařízení mohou být velmi citlivé přijímače, které pracují na podobných či dokonce stejných kmitočtech, například obvody obsahující mikroprocesory, které jsou nejnáchylnější na rušení. Pravděpodobnost, že sousedící obvody v jednom zařízení pracující na zcela rozdílných kmitočtech se budou rušit je velká.

Nejdůležitějším krokem k pochopení podstaty takových jevů je stanovení rušivých zdrojů a způsobu šíření rušivých signálů. Teprve zjištěním daných skutečností můžeme zvolit účinnou strategii k potlačení rušení ať už při jeho vzniku, při jeho šíření nebo při zvyšování odolnosti citlivých zařízení

Veškeré požadavky na EMC jsou stanoveny v technických normách, kterých je v dnešním světě agresivních prostředí nepřeberné množství.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 TESTOVÁNÍ ELEKTROMAGNETICKÉ ODOLNOSTI

Požadavky na testování EMS jsou stanoveny v řadě základních, kmenových a výrobních norem EMC.

Základní normy EMC pro testování EMS:

- **ČSN EN 61000-4-2:2009** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-2: Zkušební a měřicí technika – Elektrostatický výboj – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-3:2006** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-3: Zkušební a měřicí technika – Vyzařované vysokofrekvenční elektromagnetické pole – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-4:2013** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-4: Zkušební a měřicí technika – Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-5:2007** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-5: Zkušební a měřicí technika – Rázový impuls – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-6:2009** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4: Zkušební a měřicí technika – Oddíl 6: Odolnost proti rušením šířeným vedením indukovaným vysokofrekvenčními poli
- **ČSN EN 61000-4-8:2010** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-8: Zkušební a měřicí technika – Magnetické pole síťového kmitočtu – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-9:1996** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-9: Zkušební a měřicí technika – Pulsy magnetického pole – zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-11:2005** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-11: Zkušební a měřicí technika – Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení a pomalé změny napětí – Zkoušky odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-12:2007** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-12: Zkušební a měřicí technika – Tlumená sinusová vlna – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-13:2003** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-13: Zkušební a měřicí technika – Harmonické a mezharmónické včetně signálů v rozvodných sítích na střídavém vstupu/výstupu napájení – Nízkofrekvenční zkoušky odolnosti

- **ČSN EN 61000-4-14:2000** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-14: Zkušební a měřicí technika – Kolísání napětí – Zkouška odolnosti
- **ČSN EN 61000-4-29:2001** Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-29: Zkušební a měřicí technika – Krátkodobé poklesy, krátká přerušení a pomalé změny napětí na vstupech stejnosměrného napájení – Zkouška odolnosti [15]

Problematiku testování odolnosti zkoušených zařízení vůči krátkodobým poklesům napětí, krátkým přerušením a pomalým změnám napětí řeší ČSN EN 61000-4-11.

Tato norma definuje metody zkoušky odolnosti krátkodobých poklesů napětí, krátkých přerušení a pomalých změn napětí pro elektrická nebo elektronická zařízení připojená do rozvodných sítí nízkého napětí.

Rozsah platnosti této normy se vztahuje na elektrická zařízení připojována do střídavých sítí 50 Hz nebo 60 Hz jejich vstupní fázový proud není větší jak 16A, nikoliv však pro zařízení připojena do střídavých sítí 400 Hz.

Účelem zkoušky je prokázání odolnosti zkoušeného zařízení proti poklesům a krátkodobému přerušení střídavého síťového napájecího napětí, které může vzniknout v důsledku poruchy v napájecí síti. Zkouška je prováděna pomocí generátorů krátkodobých poklesů, kdy zkoušené zařízení musí být v intervalu 10 sekund testováno pro každou zkušební úroveň v počtu tří poklesů. Během zkoušky nesmí dojít k poškození nebo změně stavu zkoušeného zařízení. [16]

## 5.1 Zkušební úrovně

Důležitou součástí zkušebních úrovní změn napětí je i znalost tříd elektromagnetického prostředí. Tyto třídy se dělí:

- Třída 1 – týká se chráněných napájení a má kompatibilní úrovně nižší než úroveň pro veřejné rozvodné sítě a tyto zařízení jsou velmi citlivé na rušení v napájecí síti. Jedná se například o přístroje v laboratořích, automatizační a ochranné zařízení, počítače, které vyžadují ochranu prostředky jako je nepřerušitelné napájení (UPS), filtry nebo potlačení rázových impulzů.
- Třída 2 – týká se společných napájecích bodů obvykle v průmyslovém prostředí a její kompatibilní úrovně jsou identické s úrovněmi pro veřejné rozvodné sítě a

proto prvky v tomto průmyslovém prostředí jsou napájeny z veřejných sítí. Jedná se například o obloukové pece, větší měniče.

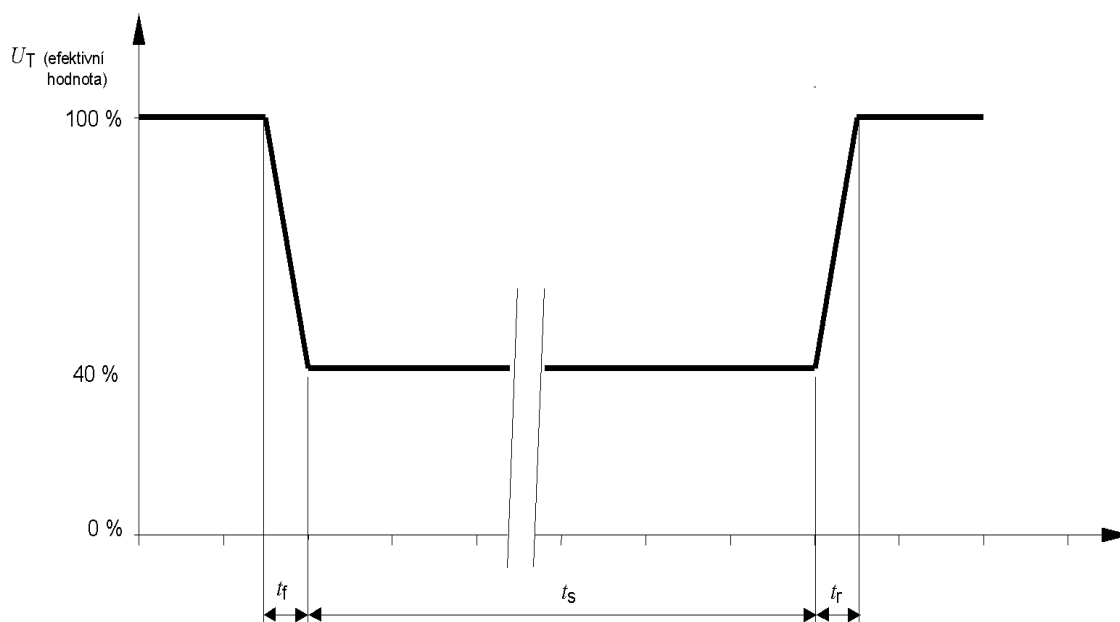
- Třída 3 – tato třída se týká jenom průmyslových prostředí a měla by se uvažovat, v případě splnění jakékoli následující podmínky:
  - a. převážná část zatížení je napájena přes měniče;
  - b. jsou provozovány svářečky;
  - c. velké motory jsou často rozbíhány;
  - d. zatížení se mění velmi rychle.
  
- Třída X – určeno pro definování výrobkovou komisí, každé zařízení zvláště se podrobuje testům odolnosti před komisí a nesmí být méně přísné než u třídy 2. [16]

### 5.1.1 Zkušební úrovně krátkodobých poklesů na elektrickém zařízení

Při tomto měření se používají následující úrovně zkušebních napětí: 0%, 40%, 70% a 80% (v %  $U_n$ ). Zkušební úrovně 0% odpovídá úplnému přerušení napětí, v praxi však stačí úroveň zkušebního napětí od 0% do 20% napájecího napětí. Jedná se o zkušební úrovně pro Českou republiku z důvodu použití hodnoty 50 Hz, v USA je tato hodnota 60 Hz. Na obrázku 10 je znázorněn test krátkodobých poklesů napětí.

Tabulka 1. Úrovně a doby trvání pro krátkodobé poklesy napětí [16] (upravil Foukal, 2014)

Třída	<b>Zkušební úrovně a doby trvání pro krátkodobé poklesy napětí <math>t_s</math> 50Hz</b>				
Třída 1	Každý případ zvláště podle požadavků zařízení				
Třída 2	0 % během 1/2 periody	0 % během 1 periody	70% během 25 period		
Třída 3	0 % během 1/2 periody	0 % během 1 periody	40% během 10 period	70% během 25 period	80% během 250 period
Třída X	X	X	X	X	X



Obrázek 10. Krátkodobý pokles napětí o 40 % [16]

### Legenda

$t_r$  Doba stoupání napětí

$t_f$  Doba klesání napětí

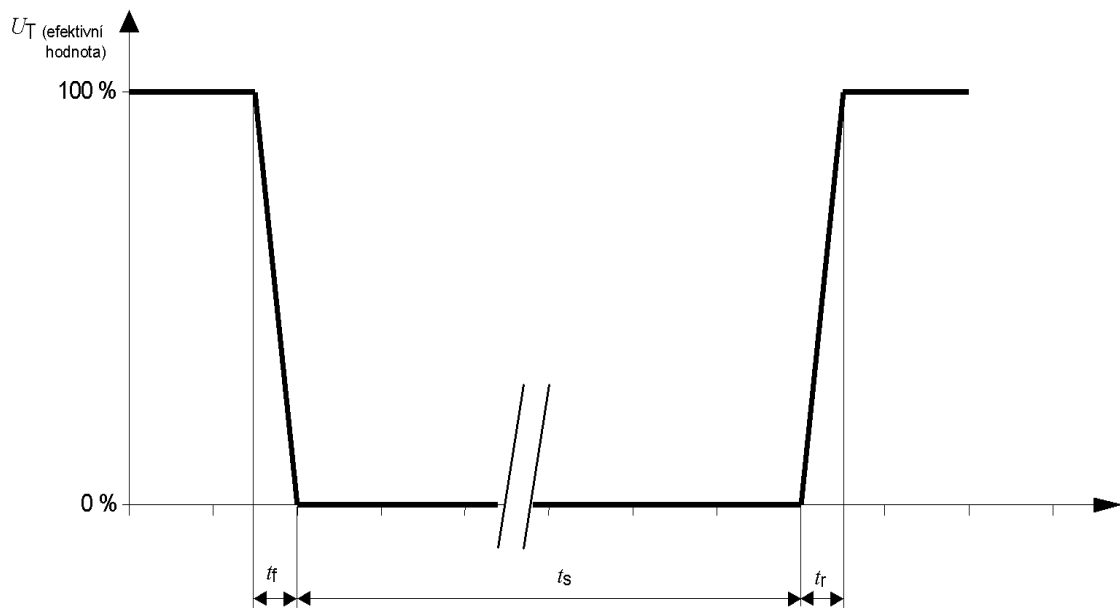
$t_s$  Doba zmenšeného napětí

### 5.1.2 Zkušební úrovně krátkých přerušení napětí na elektrickém zařízení

Při tomto měření se používá následující úroveň zkušební napětí: 0% ( $v \% U_n$ ). Zkušební úrovně 0% odpovídá úplnému přerušení napětí, v praxi však stačí úroveň zkušební napětí od 0% do 20% napájecího napětí. Jedná se o zkušební úrovně pro Českou republiku z důvodu použití hodnoty 50 Hz, v USA je tato hodnota 60 Hz. Na obrázku 12 je znázorněno testování pomalých změn napětí. Na obrázku 11 je znázorněn test krátkých přerušení napětí.

Tabulka 2. Zkušební úrovně a doby trvání pro krátká přerušení napětí [16] (upravil Foukal, 2014)

Třída	Zkušební úrovně a doby trvání pro krátká přerušení napětí $t_s$ 50Hz				
Třída 1	Každý případ zvlášť podle požadavků zařízení				
Třída 2	0% během 250 period				
Třída 3	0% během 250 period				
Třída X	X	X	X	X	X



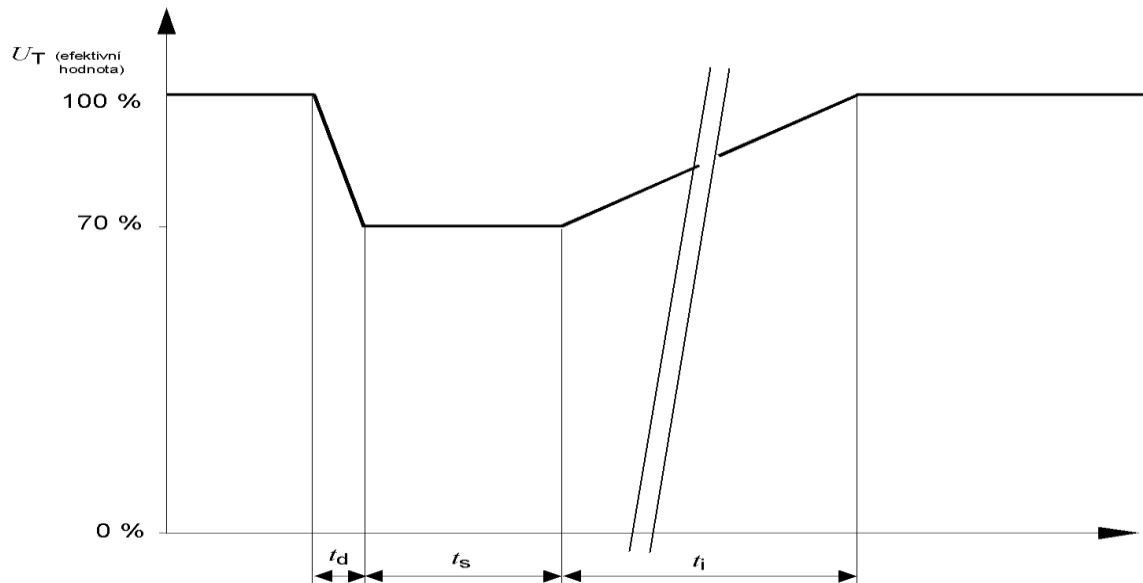
Obrázek 11. Krátké přerušení [16]

**Legenda** $t_r$  Doba stoupaní napětí $t_f$  Doba klesání napětí $t_s$  Doba zmenšeného napětí**5.1.3 Zkušební úrovně pomalých změn napětí na elektrickém zařízení**

Tato zkouška se liší od předcházejících testování tím, že bere ohled na přechod mezi jmenovitým napětím a změněným napětím. Tyto změny napětí mají typický průběh pro rozběhové motory. Na obrázku 12 je znázorněn test pomalých změn napětí.

Tabulka 3. Hodnoty krátkodobých pomalých změn síťového napětí [16] (upravil Foukal, 2014)

Zkušební úroveň napětí	Doba klesání napětí ( $t_d$ )	Doba sníženého napětí ( $t_s$ )	Doba stoupaní napětí ( $t_i$ ) 50 Hz
70%	strmý přechod	1 periodu	25 period
X	X	X	X



Obrázek 12. Pomalá změna napětí [16]

**Legenda**

$t_d$  Doba klesání napětí

$t_i$  Doba stoupání napětí

$t_s$  Doba zmenšeného napětí

#### 5.1.4 Zkušební úrovně poklesů a krátkých přerušení napětí komponentů EPS, PZTS, CCTV, SAS a ACS

Tato zkouška je prováděna podle normy **ČSN EN 50130-4**, tato norma pojednává o požadavcích na odolnost komponentů požárních systému, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémech, systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci pro použití uvnitř a v okolí obytných budov, obchodním a průmyslovém odvětví. Účelem zkoušky je odolnost zařízení vůči poklesům a krátkému přerušení napájecího napětí a je zpracovávána jen při kmitočtu 50 Hz. V případě této zkoušky musí být zařízení testováno ve standartních atmosferických podmínkách:

- teplota: 15 °C až 35 °C;
- relativní vlhkost: 25% až 75%;
- tlak vzduchu: 86kPa až 106kPa.



Poklesy napětí o 20%, 30% a 60% jsou testovány různou dobu poklesu a větším počtem poklesů, aby bylo zjištěno, zda zařízení po kratší i delší časový interval bude pracovat bez chyb. V případě 100% poklesu napětí neboli krátkému přerušení napětí je doba poklesu 250 period, což je 5 sekund a po tuto dobu musí zařízení pracovat bez výraznějších změn funkce či poškození.

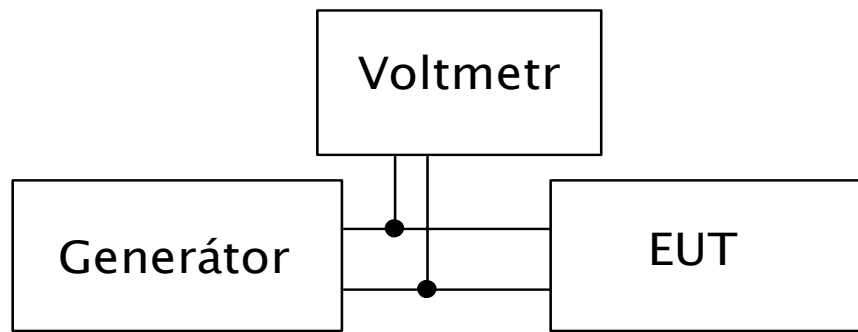
Tabulka 4. Poklesy a krátkodobá přerušení napájecího napětí u komponentů poplachových systémů [16] (upravil Foukal, 2014)

Pokles napětí	20%	30%	60%	100%
Doba poklesu (počet period)	250	25	10	250
Počet poklesů pro každou dobu	3	3	3	3
Interval mezi poklesy	$\geq 10s$	$\geq 10s$	$\geq 10s$	$\geq 10s$

Tato zkouška je v porovnání se zkouškou normy ČSN EN 61000-4-11 pro elektrická zařízení přísnější hlavně u menších poklesů a přerušení napětí sledujeme delší dobu provozu a při daném počtu period sledujeme tři poklesy napětí z důvodu, že u zařízení poplachových systému nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci a ani změně stavu zařízení, v případě jakékoliv změny funkce může dojít k trestné činnosti. [17]

## 5.2 Zkušební sestava

Jedná se o zapojení testovacího zařízení na generátor, který bude provádět dané zkoušky. Musí se provést připojením zařízení na generátor tzv. “ napřímo“ a s co nejkratší možnou délkou kabelu. Ještě je možno připojit voltmetr, ve většině případů se používá **osciloskop**, na kterém jsme schopni sledovat změněné hodnoty napětí z generátoru na testovací zařízení.



Obrázek 13. Blokové schéma zapojení pro testování EMS při poklesu a krátkém přerušení [16] (upravil Foukal, 2014)

EUT – testované zařízení

Generátorů, které se používají k testování elektromagnetické odolnosti je velké množství jako například Axos 5, Teseq NSG 3040-DDV nebo UCS 500N5.

### 5.2.1 AXOS 5

Jedním z používaných generátorů je Axos 5 vyráběn světovou firmou Haefely. Toto zařízení umožňuje spoustu funkcí a není využíván jen pro poklesy, přerušení a pomalou změnu napětí.

Další využití:

- Zkouška odolnosti - Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů ČSN EN 61000-4-4:2013;
- Zkouška odolnosti - Rázový impuls ČSN EN 61000-4-5:2007;
- Zkouška odolnosti - Pulsy magnetického pole ČSN EN 61000-4-9:1996;
- Zkouška odolnosti - Tlumená sinusová vlna ČSN EN 61000-4-12:2007.

Obsluha tohoto zařízení je velmi jednoduchá, ovládá se buď pomocí předního panelu s velkým barevným displejem nebo je možné dálkové připojení s PC, tabletem nebo smartphonem. Stačí jen jednoduché připojení kabelu nebo připojení přes wifi síť nebo bluetooth a komunikace mezi zařízeními bude plně funkční. [18]

## Výhody

- snadná obsluha s návodem k obsluze a automatizované testovací režimy, předdefinované testovací úrovně,
- ekonomický a efektivní - dotykový displej zaručuje snížení času a úsilí,
- bezpečný a spolehlivý provoz – přístroj obsahuje pojistku, varovnou kontrolku v případě přetížení a nouzové zastavení provozu zařízení,
- vzájemná komunikace s testovaným zařízením, sledování napětí, proudu a dalších parametrů,
- automatické generování protokolu o zkoušce, včetně zkušebních parametrů, zkušební sestavy a výsledek testu.

## Nevýhody

- jedinou nevýhodou tohoto generátoru je příliš vysoká cena, pohybuje se v řádu několika milionů.



Obrázek 14. Přední panel generátoru Axos 5 [18]

Použití Axosu 5 není jen v testování různých odolností podle typu norem, má využití i ve vývoji a ladění zařízení, testováním shody mezi bezdrátovými či telekomunikačními zařízeními, ale může i pomoci při vydávání certifikátů CE. Je ho možné použít ve více odvětvích, například testováním zařízení v rezidenčním nebo průmyslovém odvětví, telekomunikačních systémech či dokonce v lékařství. [18]

### 5.2.2 TESEQ NSG 3040-DDV

Tento generátor má stejně jako Axos 5 více funkcí testování, ale jeho nevýhoda je, že může testovat zařízení pouze na jednu fázi čili na napětí 230V a proud maximální 16A, třífázové zařízení na 400V tento přístroj netestuje. Generátor zvládne sám udělat celý test odolnosti bez pomoci osob, stačí jen připojit a spustit, má totiž v sobě již naprogramované zkoušky. V případě poruchy nebo přetížení EUT automaticky vypne danou zkoušku. Pracuje na frekvenci 50Hz.

Další využití:

- Zkouška odolnosti - Magnetické pole síťového kmitočtu ČSN EN 61000-4-8:2010;
- Zkouška odolnosti - Krátkodobé poklesy, krátká přerušení a pomalé změny napětí na vstupech stejnosměrného napájení ČSN EN 61000-4 29:2001;
- Zkouška odolnosti - Odolnost pro průmyslové prostředí ČSN EN 61000-6-2.



Obrázek 15. Přední panel generátoru Teseq NSG 3040-DDV [21]

Výhodou tohoto zařízení je, že testuje odolnost zařízení jak u střídavého, tak u stejnosměrného napětí a testuje odolnost pro průmyslové prostředí, má dotykový displej, což pomůže snížit úsilí a práce s ním je jednoduchá a obsahuje pojistku v případě náhlého zvýšení napětí. Jedinou nevýhodou, jak již bylo zmíněno, je nemožné testování zařízení napájené třífázově 400V. [21]

### 5.2.3 UCS 500N5

Generátor vyráběný firmou emtest, využíváný jak pro jednofázové, tak pro třífázové zařízení až do 200A. Jeho ovládnání je složitější, využívá se ručního ovládnání předního panelu a displeje, bohužel není dotykový, ale někdy to může být výhoda a někdy nevýhoda. Vytváří jako Axos 5 certifikát o shodě CE pro testované zařízení. Je to určitě nejekonomičtější generátor z důvodu malého displeje a je hodně univerzální, protože obsahuje nejvíce možných zkoušek odolnosti oproti jiným generátorům.

Další využití:

- Zkouška odolnosti - Rychlé elektrické přechodné jevy/skupiny impulzů ČSN EN 61000-4-4:2013;
- Zkouška odolnosti - Rázový impuls ČSN EN 61000-4-5:2007;
- Zkouška odolnosti - Magnetické pole síťového kmitočtu ČSN EN 61000-4-8:2010;
- Zkouška odolnosti - Pulsy magnetického pole ČSN EN 61000-4-9:1996;
- Zkouška odolnosti - Krátkodobé poklesy, krátká přerušení a pomalé změny napětí na vstupech stejnosměrného napájení ČSN EN 61000-4 29:2001;
- Zkouška odolnosti - Odolnost pro průmyslové prostředí ČSN EN 61000-6-2.



Obrázek 16. Přední panel generátoru UCS 500N5 [22]

Ovládání je možné pomocí předního panelu nebo dálkově přes vestavěné USB nebo přes GPIB rozhraní. V případě poruchy se dá kontrolovat průběh probíhající zkoušky na displeji na základě stavu EUT. Výstupy BNC, které slouží k připojení na osciloskop, jsou k dispozici pro snadné měření, kontrolu a ověřování signálu. Obsahuje zase předprogramované zkoušky, stačí jen připojit a kontrolovat, tím se maximálně vylepšil komfort uživatele, bezpečnostní prvky jsou pojistka a výstražná kontrolka v případě přetížení. [22]

Při porovnání těchto tří generátorů pro testování elektromagnetické odolnosti je nejlepší zařízení UCS 500N5 od firmy emtest, má nejvíce předprogramovaných funkcí, maximální komfort pro uživatele a i nejlepší bezpečnostní prvky proti poškození tohoto generátoru.

### 5.3 Postup zkoušky

Před začátkem zkoušky je nutné připravit **plán zkoušky** a udělat předběžnou analýzu pro definování konfigurací systému, který bude dané testování provádět, aby se předešlo nepříjemnostem například nefunkčnosti systému.

Plán zkoušky je daný a musí obsahovat následující položky:

- označení typu EUT;
- informaci o možném připojení (zástrčky, svorky), odpovídajících kabelech a o periferních zařízeních;
- vstup napájení zkoušeného zařízení;
- reprezentativní provozní režimy EUT pro zkoušku;
- použitá a v technických specifikacích definovaná funkční kritéria;
- provozní režim (režimy) zařízení;
- popis zkušební sestavy. [16]

Je nutné, aby monitorovací zařízení zobrazovalo, během zkoušky i po zkoušce, stav provozního režimu EUT a pro každou skupinu zkoušek se musí provést funkční kontrola. V případě jakéhokoliv zhoršení funkce při zkoušce se musí okamžitě zaznamenat. Během zkoušky se síťové napětí pro zkoušení musí monitorovat s přesností 2 %.

Zkoušky se nesmí provádět, pokud je vlhkost vysoká, že způsobuje kondenzaci na EUT nebo generátoru, klimatické podmínky musí být v mezích specifikovaných pro provoz zařízení příslušnými výrobci.

V případě elektromagnetických podmínek je potřeba zkoušky dělat v laboratořích, které zaručí správnou činnost EUT tak, aby nebyly ovlivněny výsledky zkoušek.



Obrázek 17. Pracoviště zkoušek odolnosti pro poklesy, výpadky a pomalé změny napětí [19]

Toto pracoviště také umožňuje testovat přítomnost rezistence zařízení harmonického proudu v napájení. Je to modulární zkušební systém založený na třech zdrojích referenčního výkonu 5 kVA, také s rychlým přepínačem fáze a sítě synchronizace systému.

### 5.3.1 Provedení zkoušky pro krátkodobé poklesy a krátká přerušení napětí

EUT se musí zkoušet pro každou vybranou třídu zkušební úrovně (viz. tabulka 1 a 2) a doby trvání s minimálními intervaly 10 sekund a třech krátkodobých poklesů/krátká přerušení mezi každou zkouškou. Vždy se musí zkoušet každý reprezentativní provozní

režim. Krátkodobé poklesy napětí se musí objevit při průchodu napětí nulou a při dodatečných úhlech považovaných výrobkovými komisemi za kritické nebo podle individuálních specifikací výrobku, přednostně vybraných z 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, a 315° v každé fázi. Úhel pro krátká přerušování musí definovat výroková komise jako nejnejpříznivější případ. Není-li definován, doporučuje se pro jednu z fází použít 0°. [16]

### 5.3.2 Provedení zkoušky pro pomalé změny napětí

EUT se zkouší pro každou specifikovanou pomalou změnu napětí (viz. tabulka 3), třikrát při intervalu 10 sekund pro nejvíce reprezentativní režimy provozu.

## 5.4 Vyhodnocení výsledků zkoušky

Výsledky zkoušky musí být klasifikován na základě ztráty funkce nebo zhoršení provozu zkoušeného zařízení, ve vztahu k úrovni funkce definované výrobcem nebo žadatelem o zkoušku nebo musí být předmětem dohody mezi výrobcem a zákazníkem.

Existují 4 body třídění:

- a) normální funkce v mezích stanovených výrobcem, žadatelem o zkoušku nebo zákazníkem;
- b) dočasná ztráta funkce nebo zhoršení provozu, které přestane po zastavení rušení a normální funkce zkoušeného zařízení se sama obnovuje bez zásahu operátora;
- c) dočasná ztráta funkce nebo zhoršení provozu které vyžaduje zásah operátora;
- d) ztráta funkce nebo zhoršení provozu, které není obnovitelné, což je způsobeno poškozením techniky, softwaru nebo ztrátou dat.

Specifikace výrobce může ještě definovat účinky na EUT, které mohou být považovány za nevýznamné a proto jsou přípustné. [16]

## 5.5 Protokol o provedení zkoušky

Protokol musí obsahovat potřebné informace po opětovné provedení zkoušky. Je potřeba zaznamet důležité věci a ty jsou následující:

- body specifikované v plánu zkoušky (viz. kapitola 5.3);



- identifikace EUT a jakéhokoliv přidruženého zařízení, značka výrobku, typ, výrobní číslo;
- identifikace zkušebního generátoru, značka výrobku, typ, výrobní číslo;
- jakékoliv zvláštní podmínky prostředí, při kterých byla zkouška provedena;
- jakékoliv specifické podmínky nutné k umožnění provedení zkoušky;
- funkční úroveň definována výrobcem, žadatelem o zkoušku nebo zákazníkem kupující výrobek;
- funkční kritérium specifikované v kmenové normě, normě výrobku nebo v normě skupiny výrobků;
- jakékoliv účinky na EUT pozorované během nebo po aplikování zkušebnímu rušení a doba trvání, po kterou tyto účinky setrvají;
- zdůvodnění rozhodnutí zda zařízení při zkoušce obstálo nebo neobstálo;
- jakékoliv specifické podmínky pro použití, například délka a typ kabelu, stínění nebo uzemnění nebo provozní podmínky EUT, které jsou požadovány k dosažení shody. [16]

## 5.6 Osoby provádějící testování odolnosti

Zákon o technických požadavcích na výrobky stanovuje práva a povinnosti osob provádějících činnosti související se státním zkušebnictvím. Jsou to činnosti, které se provádí Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a osobami pověřenými podle zákona s cílem zabezpečit u výrobku posouzení shody s technickými požadavky právních předpisů a technických norem. Na procesu posuzování shody včetně souvisejících činností se podílí:

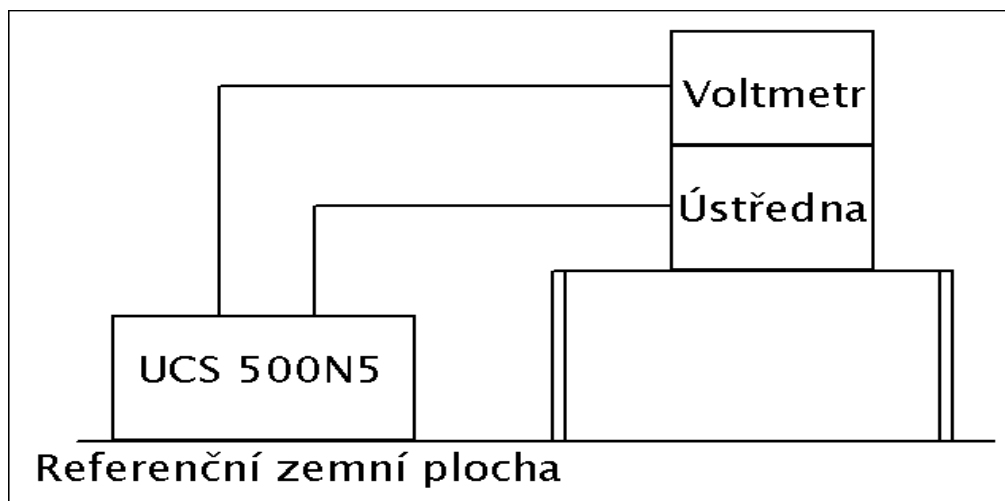
1. Akreditované osoby – právnická nebo fyzická osoba, která je držitelem platného osvědčení o akreditaci, je způsobilá provádět zkoušky a vydává certifikát, že výrobek je v souladu s technickými normami.
2. Autorizované osoby – právnická osoba, která provádí potřebné činnosti k posouzení shody, zpracovává dokumentace a vydává certifikáty či jiné dokumety o posouzení shody a v případě správné funkce zařízení dává na výrobek označení CE.

3. Notifikované osoby – právnická osoba, která vykonává činnost jako akreditovaná osoba, její účast je však vyžadována u posouzení shody, jako účasti nezávislé osoby.[20]

## 5.7 Praktický plán zkoušky

V praktickém měření budeme zpracovávat plán testování smyčkové ústředny poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů dle výrobní normy ČSN EN 50130-4 a základní normy 61000-4-11.

Uspořádání zkušební sestava a vybrání správných přístrojů je nejdůležitější věcí celé zkoušky odolnosti. Tato sestava se skládá z generátoru, který je schopný testovat podle normy 61000-4-11, voltmetru, který zaznamenává a vyhodnocuje změny napětí a zkušební zařízení, což je v našem případě smyčková ústředna PZTS. Generátor byl použit UCS 500N5 od firmy emtest, který pro změnu napětí využívá regulační transformátor a bývá položen na podlaze a jako voltmetr použit osciloskop, který spolu s ústřednou jsou položeny na stole. EUT je připojeno napajecím vodičem CYKY 3x2,5 na vstupní svorky, jedná se o jednofázové zařízení, takže vstupní napětí bude 230V.



Obrázek 18. Sestava pro zkoušku EMS ústředny PZTS [17] (upravil Foukal, 2014)

Po správném zapojení zkušební sestavy následuje testování EMS podle zkušebních úrovní. Ústřednu PZTS budeme testovat pro tři úrovně poklesů napětí a to o 20%, 30%, 60% a jednu úroveň výpadku napětí 100% podle normy ČSN EN 50130-4 (viz. tabulka 4).

Při samotné zkoušce musí být ústředna zapnuta v odpovídajícím stavu “střeženo”, protože při poklesu nebo přerušení napětí v praxi potřebujeme funkční stav pouze při zastřeženém

systemu. Po splnění všech těchto podmínek můžeme začít s testováním EMS, v případě generátoru UCS 500N5 stačí spustit vybranou zkoušku normy 61000-4-11 a generátor zkoušku provede sám.

Vyhodnocení vyznačuje, zda zkoušené zařízení splňuje požadavky na funkčnost (viz. kapitola 5.4). Jelikož se jedná o ústřednu PZTS musí splňovat bod A. [17]

Tabulka 5. Plán zkoušky EMS [17] (upravil Foukal, 2014)

<b>Plán měření</b>	
<b>EUT:</b>	<b>Smyčková ústředna</b>
<b>Zkoušky EMS ČSN EN 50130-4</b>	ČSN EN 61000-4-11 Krátkodobé poklesy, přerušení napětí a pomalé změny napětí
<b>Vstupní napájení EUT</b>	Jednofázové zařízení, vstupní napětí 230V
<b>Zkušební úrovně EMS</b>	<p>Pokles napětí 20%, počet period 250, počet poklesů 3, <math>\geq 10s</math>;</p> <p>Pokles napětí 30%, počet period 25, počet poklesů 3, <math>\geq 10s</math>;</p> <p>Pokles napětí 60%, počet period 10, počet poklesů 3, <math>\geq 10s</math>;</p> <p>Pokles napětí 100%, počet period 250, počet poklesů 3, <math>\geq 10s</math>.</p>
<b>Zkušební sestava</b>	Generátor UCS 500N5, Voltmetr
<b>Místo provádění zkoušky</b>	Místnost, teplota: 15 °C až 35 °C; relativní vlhkost: 25% až 75%; tlak vzduchu: 86kPa až 106kPa.
<b>Kriteria hodnocení EMS</b>	Bod A - normální funkce v mezích stanovených výrobcem, žadatelem o zkoušku nebo zákazníkem; Během zkoušky EUT pracuje nepřetržitě a nesmí docházet ke zhoršené činnosti či ztrátě funkce pod stanovenou úrovní. Během zkoušky nesmí dojít k poškození, chybné funkci nebo změně stavu.

### Dílčí závěr

Testování EMS je důležitým faktorem z důvodu vzájemného rušení a možných ovlivňování či dokonce poškození zařízení. Ke správnému testování je potřeba řídit se normou ČSN 61000-4-11, která zadává zkušební úrovně pro krátkodobé poklesy, přerušování a pomalé změny napětí na elektrickém zařízení. Po provedení zkoušky je potřeba vyhodnotit výsledky a nato jsou stanoveny třídy A, B, C a D podle níž je zařízení buď způsobilé, nebo nezpůsobilé provozu. Dále je vydán protokol o provedení zkoušky, který elektrickému zařízení v případě způsobilosti, vydá certifikát o způsobilosti EUT v běžném provozu a prohlášení o shodě, které je vyznačeno na zařízení označením CE. Tento certifikát vydává akreditovaná osoba a prohlášení o shodě vydává autorizovaná osoba. V poslední řadě se vypracuje protokol o provedení zkoušky, který popisuje veškeré postupy a výsledky daného testování. Je potřeba těchto testování EMS, protože v dnešním světě je mnoho zařízení pracujících na odlišných frekvencích a je velké riziko vzájemného rušení těchto zařízení a následně nesprávné funkce či dokonce poškození zařízení.

## 6 NÁVRHY ŘEŠENÍ REDUKUJÍCÍ ÚČINKY ZMĚN A PŘERUŠENÍ NAPĚTÍ

Elektroinstalace v průmyslových a komerčních objektech obsahují velké množství malých poklesů, přerušení nebo změn napětí a je potřeba tyto změny redukovat nebo jim předejít. K řešení těchto problémů se používají buď speciální zařízení, nebo je potřeba zajistit prevenci proti těmto nežádoucím účinkům. Může se jednat o zařízení eliminující poklesy a přerušení napětí, dále zařízení využívající již v průběhu změny nebo přerušení napětí nebo preventivní zákroky.

Řešení pro poklesy, přerušení a změny napětí v elektrické síti:

- **cílená preventivní údržba** – důležitý faktor, který slouží především k předcházení poškození elektrických zařízení nebo elektroinstalací, dále prodlužuje dobu života zařízení, zvyšuje provozní bezpečnost a snižuje počet poruch.

- **modernizace sítě** – je nutné přizpůsobit se technologickému vývoji a pravidelně provádět modernizaci sítě, pomáhá ke zlepšení vlastností sítě a minimalizují se počty poruch.

- **vhodné a správné nadimenzované jištění** – optimální dimenzování jištění je velmi složitá záležitost, protože je nutné sladit více požadavků. Dva základní požadavky jsou zajištění bezpečnosti zařízení a cenová hospodárnost zařízení, jenže ty dva parametry jsou protichůdné. V případě větší bezpečnosti zařízení se zvyšuje cena zařízení a opačně. Důležitými parametry jsou, že se zařízení nesmí přehřívat při přetížení, úbytky napětí na vstupu nesmí za žádných podmínek přesahovat dovolenou mez a ochrana automatickým odpojením od zdroje musí v případě poruchy odpojit zařízení v minimálním čase. V případě, že všechny tyto parametry budou vyhovovat, bude se jednat o správné nadimenzování jištění zařízení. [29]

- **zvyšování odolnosti řídicích systému a zařízení** – jedná se o záložní zdroje přímo v zařízeních či systémech, které v případě přerušení napětí dokážou pracovat bez napájení, podle svojí kapacity, při poklesech nebo změnách napětí dokážou sami zálohovat data a uložit rozdělanou práci, což je velkou výhodou a vyvarujeme se tak ztrátě důležitých dat. Dále je možné zvyšovat odolnost rozsahem napájecího napětí, ve většině konstruovaných zařízení je rozsah napájecího napětí  $U_n \pm 10\%$ , podle stanovených odchylek napětí

distribučních dodavatelů. Změna konstrukce zařízení může zvýšit mezní odchylku napájení na více než 10% a tak by zařízení eliminovala větší poklesy nebo změny napětí bez jakékoliv změny funkčnosti zařízení.

V případě zvyšování odolnosti jednotlivých zařízení je určitě výhodné zpřísnit zkoušky elektromagnetické odolnosti podle normy ČSN EN 61000-4-11, které by pomohli tomu, aby jednotlivé zařízení se dostali na trh jen v případě, že podstoupí přísnější test a budou více odolné proti poklesům, změnám a přerušení napětí.

- **plynulý rozběh motorů** – použití softstartéru, což je elektronické výkonové zařízení, sloužící k realizaci plynulých rozběhů a doběhů pohonů s asynchronními motory. Hlavními důvody k jejich použití jsou omezení záběrového proudu při rozběhu pohonu, ochrana a snížení opotřebení mechanismu pohonu a ochrana motoru po dobu jeho chodu. Jedním z používaných softstartéru je typ JZ-05, který je možné zapojit na jednofázové i třífázové zařízení a je schopen regulovat otáčky až do proudu 85A. Jeho montáž je jednoduchá, přidá se pouze do rozvaděče k jističi na příslušné zařízení a pracuje do teploty 55°C. Používá se pro vakuové pumpy, odstředivé čerpadla, různé drtiče, kompresory, míchačky, ventilátory a další zařízení obsahující motory. [24]



Obrázek 19. Softstartér SWW JZ-05 [24]

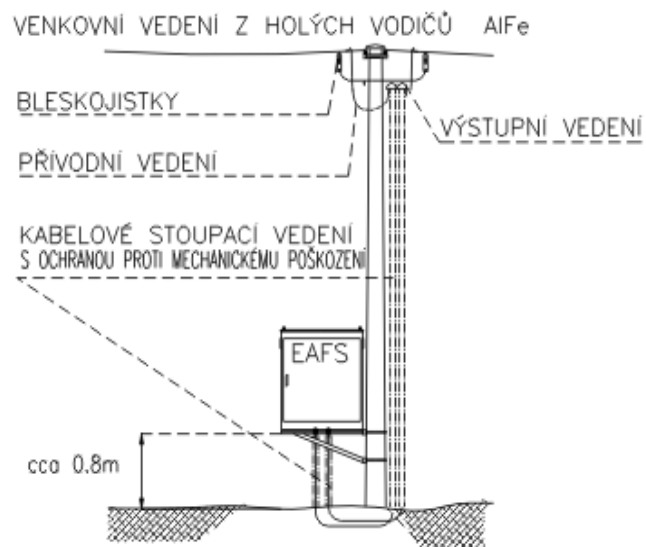
- **použití linkových kondicionéru** – to je zařízení pracující na principu sériové kompenzace změn síťového napětí pomocí sériově zapojených transformátorů napájených měničem s pulzně šířkovou modulací. Zařízení pracuje jako výkonový stabilizátor napětí pro veřejný rozvod elektřiny v širokém rozpětí vstupního napětí, s nezávislým

stabilizačním efektem jednotlivých fází výstupu, rychlým účinkem a vyrovnáváním krátkodobých poklesů. Nejčastěji se využívá jako koncové zařízení na výběžcích rozvodných sítí, vyznačujících se delšími vedeními – linkami s nadprůměrnou impedancí. Použití kondicionéru by mělo být v místech, kde dochází spíše k podpětí než k nadpětí, protože jeho nevýhodou je, že neumí regulovat napětí dolů. [25]



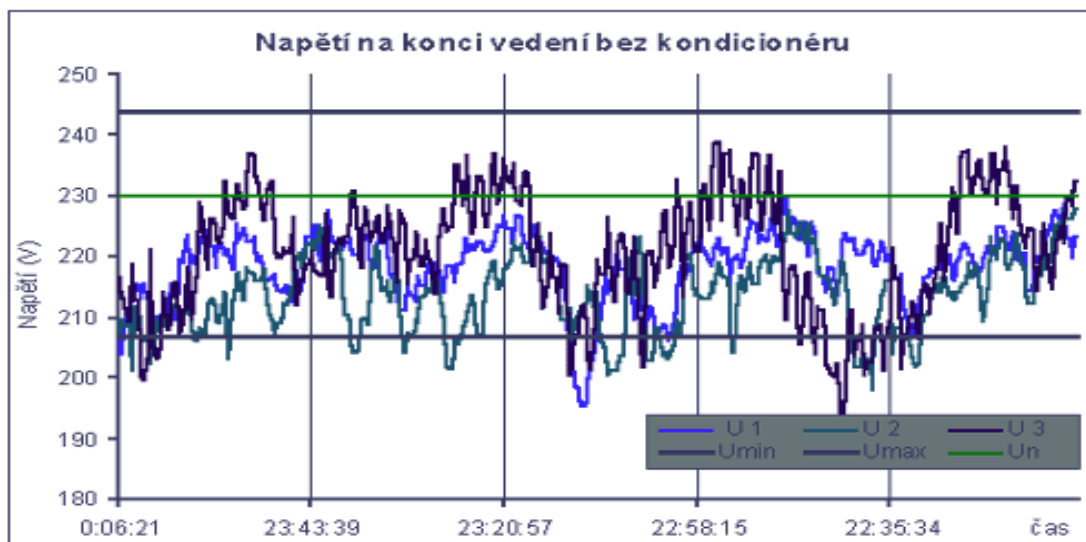
Obrázek 20. Linkový kondicionér EAFS072 - výstupní a výstupní část [25]

Připojení kondicionéru zajišťuje správce distribuční soustavy NN a využívá se ke zlepšení kvality elektrické energie, hlavně při přerušení a výrazných poklesech napětí.



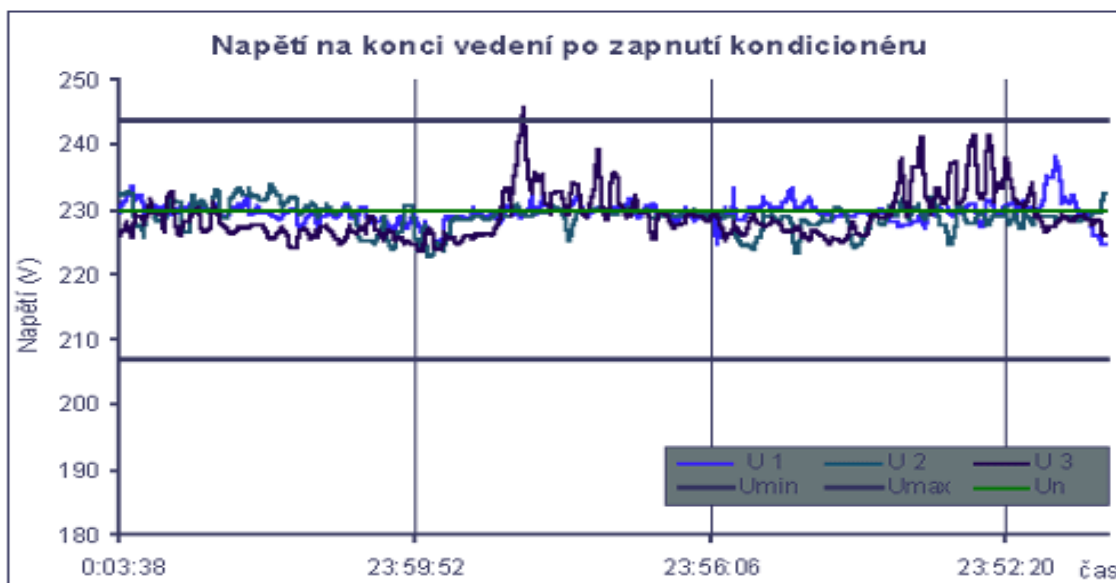
Obrázek 21. Připojení kondicionéru EAFS k rozvodnému vedení [25]

Při připojení kondicionéru na elektrické napětí NN, bylo provedeno základní měření před a po nasazení kondicionéru. Na obr. 22 je znázorněn průběh efektivní hodnoty napětí ve všech třech fázích U1, U2 a U3 v bodě distribuční sítě, která napájí odlehlou oblast. Z průběhu napětí, které je znázorněno po dobu čtyř dnů, je zřejmé, že kolísání napětí je veliké a v mnoha případech dosahuje hodnot pod normou povolené meze ( $U_{min}$ ).



Obrázek 22. Napětí na konci vedení bez linkového kondicionéru [25]

Po připojení linkového kondicionéru a zkoušení po dobu třech dnů je zřejmé, že došlo k výraznému vylepšení kvality elektrické energie. Na obr. 23 je znázorněn průběh napětí ve stejném místě po zapnutí kondicionéru a jak je vidět, rozdíl v kvalitě napájení je zřejmý.



Obrázek 23. Napětí na konci vedení po zapnutí kondicionéru [25]



- **napájení z náhradního zdroje** – slouží jako záložní zdroj, při výpadku nebo poklesu napětí v síti se automaticky zapne. Je možné použití dvou typů záložních zdrojů:

1. **rotační (motorgenerátory)** - rotační zdroje přeměňují primární energii (palivo) na energii elektrickou v rotačním soustrojí obsahujícím:

- spalovací hnací motor obsahující startér (včetně jeho bateriového napájení a dobíječe),
- elektrický generátor (nejčastěji alternátor v provedení čtyřpólovém, bezkartáčový, samobudící a samoregulující)

Základní vlastnosti rotačních zdrojů:

- velká hlučnost chodu
- doba najezení soustrojí, přehřev chladicího okruhu
- zásobníky (nádrže) paliva
- možnost paralelního řazení



Obrázek 24. Motorgenerátor INMESOL II [26]

Motorgenerátory se umísťují většinou ven před budovu kvůli velkému hluku, není divu, když například generátor INMESOL II pohání šestiválcový motor o objemu válců 7000 cm<sup>3</sup>. Kapacita plné nádrže při běžném provozu zajistí provoz bez elektrické energie až 48 hodina a okamžitě po výpadku elektrické energie se generátor automaticky nastartuje. Cena tohoto naftového motorgenerátoru se pohybuje okolo 10 milionů korun. [26]

## 2. *statické zdroje* – zdroje nepřerušitelného napájení UPS.

Statické zdroje nepřerušitelného napájení UPS pracují na bázi uchování elektrické energie v bateriích (akumulátorech) a její přeměny ve střídači na elektrickou energii s parametry napájecí sítě. V případě napájení přes UPS záleží na kapacitě baterii, čím větší kapacita, tím větší cena. Pokud je potřeba, v případě výpadku elektrické energie, zabezpečit provoz budovy na 48 hodin, je částka několik desítek milionů korun, většinou je však potřebná doba funkčnosti UPS od několika minut do 5 hodin. Automaticky zapne při výpadku elektrické energie. UPS je obvykle zapojen mezi primární zdroj elektřiny a vstup napájení chráněného zařízení. Mezi nejčastější chráněné systémy patří obvykle telekomunikační zařízení, počítačové systémy, systémy zajišťující chod letišť nebo nemocniční přístroje. Existuje devět obecných typů problémů s napájením z veřejné elektrovodné sítě, které UPS mohou eliminovat: [23]

- ztráta napájení (blackout) – Úplná ztráta napájecího napětí po dobu delší než 2 sinusové cykly. Způsobí, že připojená zátěž přestane fungovat,
- krátkodobý pokles – Velmi krátkodobý pokles napětí o 15 až 20 % („bliknutí světel“). Většinou neškodné,
- napět'ová špička – Krátkodobé přepětí o více než 10%. Může způsobit poškození zařízení,
- dlouhodobé podpětí (brownout) – Dlouhá linie nízkého napětí. Může způsobit nadměrné opotřebování spotřebičů, popř. i nefunkčnost citlivých zařízení,
- dlouhodobé přepětí – Dlouhá linie vysokého napětí. Způsobuje poškození/rychlé opotřebování spotřebičů,
- rušení v síti (šum) – Způsobuje elektromagnetické rušení,
- změna frekvence – Odchylna od standardní frekvence (50 Hz, způsobuje např. změnu rychlosti motorů, „spadnutí“ počítače),
- napět'ové rázy – Mžikové špičky až 20 000 V, způsobovány přeskokem jisker při spínání a elektrostatickými výboji. Mohou mít za následek chyby dat nebo i poškození počítačů,
- harmonické zkreslení – Harmonické zkreslení sinusového průběhu. Obvykle způsobeno nelineární zátěží (motory...). Způsobuje chyby v komunikaci nebo i poškození hardware. [28]



Obrázek 25. UPS Schrack [27]

Porovnání těchto dvou záložních zdrojů závisí na množství připojených zařízení a komfortu uživatele. V prvním případě (motorgenerátor) se využívá pro velké haly, které potřebují neustálý provoz, mají velký odběr elektrické energie a nevdí tam hluk generátoru. Použití UPS je výhodnější do administrativních budov, kde jsou použity jen telekomunikační zařízení a počítačových systémů, je tam menší spotřeba a není nutné dlouhodobého využití záložního zdroje.

Tyto návrhy řešení jsou pro zařízení, které jsou testovány na elektromagnetickou odolnost poklesů, změn a přerušení napětí, podle normy ČSN EN 61000-4-11.

Testování odolnosti na poklesy, změny a přerušení napětí komponentů PZTS, požárních systémů, CCTV, SAS a přivolání pomoci podle normy ČSN EN 50130-4 jsou daleko přísnější než u normy ČSN EN 61000-4-11. Ústředna PZTS musí být odolná proti větším poklesům napětí a změn napětí než u “normálních” zařízení, z důvodu ovlivnění změnou napětí ústředna nemusí správně fungovat a může pak dojít k loupežnému vniknutí bez zaznamenání ústřednou a bez vyhlášení poplachu. V případě těchto změn a přerušení napětí, které ústředna PZTS nedokáže redukovat, musí obsahovat vždy záložní zdroj. Například ústředna PZTS od firmy ORZO security s.r.o. má tři systémová vstupy pro hlídání poklesu napětí, přerušení napětí a narušení tamper kontaktu krabice ústředny. V případě změny na některém systémovém vstupu se automaticky zapne záložní zdroj v ústředně. Kapacita každé ústředny se liší podle použití pro daný objekt, pokud se jedná o

menší objekty, například rodinné domy kde je odběr 1A a kapacita záložního zdroje je 40A/hod tak záložní zdroj bude napájet ústřednu PZTS 40 hodin. [30]

### **Dílčí závěr**

Mnoho změn a přerušení napětí se nachází kolem nás a spousta lidí otom vůbec neví, proto je nutné redukovat tyto nechtěné parametry. Důležitými faktory je preventivní údržba, modernizace sítě a správné dimenzování jištění, tyto faktory si snaží předcházet nežádoucím změnám napětí. V případě softstartéru a linkových kondicionéru se nesnažíme předcházet, ale již víme, že tyto změny se nachází v částech distribuční soustavy, přívodu nebo na vstupu zařízení a je potřeba je eliminovat. V neposledním případě je důležité napomáhat správné funkci zařízení při přerušení nebo větším poklesům napětí a nato je vhodné využití náhradních zdrojů a to jak statických, tak i rotačních. Záleží na výběru provozovatele a podmínek, jaké mají náhradní zdroje splňovat.

## ZÁVĚR

Teoretická část diplomové práce se zabývá seznámením s přenosem elektrické energie pomocí přenosové a distribuční soustavy a transformace z VVN 400kV až na síťové jednofázové napětí 230V či trojfázové napětí 400V, dále pak seznámení s činiteli, které jsou základem pro tyto soustavy a seznámení s trasami těchto soustav.

Důležitá kapitola práce seznamuje čtenáře se vznikem poklesů, přepětí, pomalých změn a přerušení napětí. Je důležité znát, z jakého důvodu vznikají tyto parametry, analyzovat je a jaké jsou hlavní příčiny vzniku těchto parametrů. Důvody vzniku poklesu napětí jsou dva a to poruchový stav rozvodné napájecí sítě nebo vlivem velké zátěže, což zapříčiňuje rozběh velkých motorů. V případě přerušení napětí je hlavní důvod porucha v přenosové nebo distribuční soustavě, zapříčiňují to živelné katastrofy jako například pád stromu na vedení, vliv počasí na vedení nebo i rychlé zapnutí zátěže velkých výkonů. Přepětí v elektrické síti vzniká většinou po úderu blesku a to nejen přímo do budovy, ale i do NN přenosových soustav či dokonce úder blesku do objektu vzdáleném až 2km. Pomalé změny napětí vznikají jako poklesy napětí, jedná se o spouštění rozběhových motorů, při kterém pomalým způsobem klesá napětí, v případě těchto pomalých změn napětí se většinou jedná o pokles než o přepětí.

V případě vzniku změn nebo přerušení napětí je potřeba vědět jaké mohou být negativní účinky na zařízení, může se jednat pouze o chybu na zařízení a po restartování zařízení může obnovit svoji funkci, dále může být zařízení poškozeno a v případě servisní opravy bude plnit svou funkci nebo zařízení může být trvale zničeno, pak je potřeba koupě nového zařízení.

Je potřeba využití znalostí členění elektromagnetické kompatibility EMC, což je na elektromagnetickou odolnost zařízení EMS a elektromagnetické rušení EMI. K dosažení výsledku této práce je důležitá znalost EMS, která se využívá jen při odstraňování důsledků rušení, bez odstraňování jejich příčin. Testování elektromagnetické odolnosti zařízení specifikuje norma ČSN EN 61000-4-11, která je přímo vypracovaná na zkoušky odolnosti zařízení pro krátkodobé poklesy, krátká přerušení a pomalé změny napětí. Při této zkoušce jsou dané přesné zkušební úrovně, které musí dané zařízení splňovat, jaké zařízení musí obsahovat zkušební sestava, zpracovaný plán měření, dané kritéria vyhodnocení po zkoušce odolnosti, zda zařízení je možné používat v praxi a

vyhodnocovací protokol, který představuje jeden z dokumentů, potřebných pro posouzení shody výrobku a následné vydání ES Prohlášení o shodě.

Stěžejní výstup předložené diplomové práce představuje návrh řešení redukující účinky poklesů, změn a přerušení napětí. Důležitým opatřením je především **preventivní údržba** zařízení, **modernizace systému** či sítě a **vhodné nadimenzování jistění**, v případě důsledné prevence těchto faktorů se můžeme vyvarovat spoustě chyb nebo poškození zařízení. Vhodným opatřením je **zvyšováním odolnosti systémů a zařízení** a to zpřísněním zkoušky EMS dle normy ČSN EN 61000-4-11, změnou konstrukce přístroje na větší odchylky napájecího napětí nebo ke každému zařízení přidat záložní zdroj, který bude automaticky zapnut v případě přerušení napětí a využití systému na automatické uložení a zálohování dat. Jakmile zařízení bude dále ovlivněno změnami a přerušením napětí, je potřeba eliminovat tyto negativní vlivy pomocí přídavných zařízení nebo systému jako jsou **softstartéry**, které regulují plynulý rozběh velkých motorů, **linkové kondicionéry** sloužící k vyrovnání krátkodobých poklesů a v případě přerušení napětí se používají **náhradní zdroje** a podle možnosti využití buď rotační, nebo statické.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Theoretical part of the thesis deals with the introduction of transmission of electrical energy through transmission and distribution system and transformations from VVN 400kV, except the net single phase voltage 230V or three phase voltage 400V. Furthermore, several factors, which are bases for these systems and the routes of these systems, are also presented.

A reader is acquainted with the origin of the drop, overvoltage, slow changes and voltage interruption in one of the most important chapters of this thesis. It is necessary to know why these parameters occur, analyse them and find out what are the main causes of them. There are two reasons of the voltage decrease, first, that is the defective state of power supply network or due to a great load, which causes the start of huge engines. In a case of a voltage interruption, the main reason is the failure in the transmitting or distributing system, it is caused by natural disasters, for example a tree falls on the power lines, the impact of weather on the lines or even fast switching-on the load of great power. The overload in the power network usually happens after the thunder stroke, not only directly to the building, but also to NN transmitting systems or even the stroke into an object 2km far away. Slow voltage changes begin as voltage drops, this is slow switching-on of starting motors when the voltage drops in a slow way. In a case of these slow voltage changes it is usually rather decrease than the overload.

In case of occurrence of changes or voltage interruption it is necessary to know what negative impacts it can have on the devices, it can be only a defect on the device and after a restart the device restores its functions, however, the device may be damaged and after a serviced repair it will perform its function again, or the device can be damaged permanently and then a new device must be bought.

It is necessary to use the knowledge of division of electromagnetic compatibility EMC, which is used for the electromagnetic resistance of device EMS and electromagnetic disturbance EMI. To achieve the aim of this work, the thorough knowledge of EMS is needed. It is used only for dissolving the results of disturbance without dissolving its causes. Testing of electromagnetic resistance of device is specified in a norm ČSN EN 61000-4-11, which is designed exactly for the testing the device resistance for short voltage drops, short interruptions and slow voltage changes. There are particular specific testing levels, which the device must fulfil, which device must be included in the testing set,

processed measurement plan, particular criteria for evaluation after the resistance test, whether the device is possible to use in a practice and evaluating protocol, which belongs among the documents needed for estimating the consensus of the product and consequent releasing ES Declarations of conformity.

The most important output of this thesis is introduction of suggestion how to solve the reducing impacts of drops, changes and voltage interruptions. There are several important steps, such as **regular maintenance** of device, **updating of the system** or network and **suitable oversizing the protection**. If the consequent prevention of these factors is followed, we can avoid many defects or damages on the devices.

Another suitable step is **raising the resistance of the systems and devices** by making the EMS test more restrictive according to a norm ČSN EN 61400-4-11, also by changes in construction of the device for bigger deviations of the voltage supply or by adding an extra spare source for each device, which would be switched on automatically in case of voltage interruption and using the system for automatic saving and back-up data. If the device is still affected by the changes and voltage interruption, it is necessary to eliminate these negative effects by additional devices or systems like, for example, **softstarters**, which regulate soft start of the big engines. **Link conditioners** serve for levelling the short voltage drops and in case of voltage interruption, there are **spare sources**, which are divided according to their usage in two types - the rotating or static.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Rozvodná síť elektrické energie v ČR. [online]. 2006 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: <http://referaty-seminarky.cz/rozvodna-sit-elektricke-energie-v-cr/>
- [2] ČEZ, a.s. *Přenosová a distribuční soustava*. Praha, 2014.
- [3] Schéma rozvodné sítě v ČR. In: [online]. 2013 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z [http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technickainfrastruktura/PublishingImages/Mapa\\_siti\\_CZ.PNG](http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technickainfrastruktura/PublishingImages/Mapa_siti_CZ.PNG)
- [4] ČSN EN 50160. *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*. 1999. Třídící znak 333432.
- [5] LUKEŠ, Pavel. Poklesy napětí v síti nn a spolehlivost výpočetní a řídicí techniky. [online]. 2008 [cit. 2014-02-07]. Dostupné z [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=36539](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36539)
- [6] Analýza poklesu napětí v distribuční síti. [online]. 2004 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04011/index.html>
- [7] *Průběh napětí* [online]. 2009 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: [http://3pol.cz/img/pic/0/2008/05/prubeh\\_napeti.jpg](http://3pol.cz/img/pic/0/2008/05/prubeh_napeti.jpg)
- [8] Analýza poklesu napětí v distribuční síti. [online]. 2004 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04011/index.html>
- [9] Kategorie přepětí. [online]. 2009 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.oez.cz/uploads/gallery/full/353.jpg>
- [10] ČSN EN 61000- 4-11. *Elektromagnetická kompatibilita (EMC)-Zkušební a měřicí technika - Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušování a pomalé změny napětí - Zkoušky odolnosti*. 2005. Třídící znak 333432.
- [11] Poruchy napětí. *Poruchy napětí* [online]. 2006 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: [http://www.medportal.cz/files/file/lpq\\_cz/5\\_1\\_4.pdf](http://www.medportal.cz/files/file/lpq_cz/5_1_4.pdf)
- [12] Základy elektromagnetické kompatibility. *Základy elektromagnetické kompatibility* [online]. 2000 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00025/index.html>

- [13] Přenos elektrické energie. *Přenos elektrické energie* [online]. 2012 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/elektrina/obr/rozv1.gif>
- [14] Encyklopedie EMC. [online]. 2005 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node5>
- [15] Konstrukční normy: Elektromagnetická kompatibilita. *Konstrukční normy: Elektromagnetická kompatibilita* [online]. 2014 [cit.2014-04-10]. Dostupné z: <http://ftzu.cz/informace/zakladni-konstrukcni-normy/emc>
- [16] ČSN EN 61000-4-11. *Krátkodobé poklesy napětí, krátká přerušení a pomalé změny napětí – Zkoušky odolnosti*. Praha, 2005. Třídící znak 333432.
- [17] ČSN EN 50130-4. *EMC - Požadavky na odolnost komponentů požárních systému, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů, systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci*. Praha, 2012. Třídící znak 333432.
- [18] AXOS 5 [online]. 2014 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: [http://maximinstruments.com/products/haefely\\_axos\\_5\\_compact\\_immunity\\_test\\_system#features](http://maximinstruments.com/products/haefely_axos_5_compact_immunity_test_system#features)
- [19] Laboratoř elektromagnetické odolnosti. *Doctrine* [online]. 2008 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z:[http://doctrine.vavyskov.cz/\\_casopis/2011\\_2/2011\\_2\\_6c.html](http://doctrine.vavyskov.cz/_casopis/2011_2/2011_2_6c.html)
- [20] VALOUCH, Jan. Elektromagnetická kompatibilita poplachových systémů- legislativní a technické požadavky. *Security magazín*. Vyd. č. 106, 2/2012. Praha: Security Media, 2012, s. 32- 36. ISSN 1210-8273.
- [21] Teseq. [online]. 2013, č. 1 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.teseq.com/products/NSG-3040-DDV.php>
- [22] UCS 500N5 - Compact Tester pro EFT. *Emtest* [online]. 2014 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z:<http://www.emtest.com/products/product/135120100000012969.php>
- [23] Kvalita napětí. In: *Kvalita napětí* [online]. 2012 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: [fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/EMC/sylaby/11\\_Kvalita\\_napeti.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/FEI/EMC/sylaby/11_Kvalita_napeti.pdf)
- [24] Soft-Starter. *Soft-Starter* [online]. 2013, č. 1 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.weg.net/us/Products-Services/Drives/Soft-Starters/Soft-Starter-SSW-05-0.75hp-75hp>

- [25] Linkový kondicionér. *Linkový kondicionér* [online]. 2012, č. 1 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.elcom.cz/cz/produkty/silnopruda-elektrotechnika/vykonove-specialni-menice/vylepseni-kvality-elektriny/linkovy-kondicioner>
- [26] Motorový generátor. *Motorový generátor* [online]. 2010, č. 1 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://oko.asu.cas.cz/pecny/elektri.html>
- [27] UPS Shrack. *UPS* [online]. 2012, č. 1 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: [http://elektrika.cz/Members/sjosefi/12\\_schrack\\_ups\\_zdr\\_02v.jpg](http://elektrika.cz/Members/sjosefi/12_schrack_ups_zdr_02v.jpg)
- [28] UPS. *Wikipedie* [online]. 2010, č. 1 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/UPS>
- [29] Dimenzování a jištění elektrických zařízení. *Dimenzování a jištění elektrických zařízení* [online]. 2011 [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://obchod.in-el.cz/87-dimenzovani-a-jistenielektrickycharizeni-tabulky-a-priklady-treti-aktualizovane-vydani-rok-vydani-2011>
- [30] Ústředna PZTS. *ORZO security* [online]. 2013, č. 1 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: [http://www.orzo.cz/uploaded/ustredna-PZTS-ZaSU\(1\).pdf](http://www.orzo.cz/uploaded/ustredna-PZTS-ZaSU(1).pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČEPS	Česká přenosová soustava
ČEZ	České Energetické Závody
NN	Nízké napětí
VN	Vysoké napětí
VVN	Velmi vysoké napětí
Un	Napájecí napětí
t	čas
U	Napětí
$t_r$	Doba stoupání napětí
$t_f$	Doba klesání napětí
$t_s$	Doba zmenšeného napětí
$t_d$	Doba klesání napětí
$t_i$	Doba stoupání napětí
PZTS	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
EPS	Elektronické požární systémy
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EMI	Elektromagnetická interference
EMS	Elektromagnetická susceptibilita
USA	Spojené státy americké
V	Jednotka napětí
Hz	Jednotka frekvence
EUT	Testované zařízení
CE	Certifikát
UPS	Záložní zdroj

EAFS Označení linkových kondicionérů

U1 Jedna fáze zařízení

U2 Jedna fáze zařízení

U2 Jedna fáze zařízení

U<sub>min</sub> Minimální napětí pro zařízení

U<sub>max</sub> Maximální napětí pro zařízení

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Schéma rozvodné sítě v České republice [3] .....	12
Obrázek 2. Přenos elektrické energie v ČR [13] (upravil Foukal, 2014).....	13
Obrázek 3. Odchyly napětí v elektrické síti [7] (upravil Foukal, 2014) .....	15
Obrázek 4. Hloubka poklesu a doba trvání poklesu průběhu amplitudy první harmonické [8] (upravil Foukal, 2014) .....	17
Obrázek 5. Kategorie přepětí [9] .....	22
Obrázek 6. Klasifikace změn napětí [11].....	23
Obrázek 7. Základní řetězec EMC a příklady jednotlivých oblastí [12].....	30
Obrázek 8. Příklady různého vzájemného působení rušivých signálů [12] .....	31
Obrázek 9. Základní členění problematiky EMC [12].....	31
Obrázek 10. Krátkodobý pokles napětí o 40 % [16].....	38
Obrázek 11. Krátké přerušení [16].....	39
Obrázek 12. Pomalá změna napětí [16] .....	40
Obrázek 13. Blokové schéma zapojení pro testování EMS při poklesu a krátkém přerušení [16] (upravil Foukal, 2014) .....	42
Obrázek 14. Přední panel generátoru Axos 5 [18].....	43
Obrázek 15. Přední panel generátoru Teseq NSG 3040-DDV [21].....	44
Obrázek 16. Přední panel generátoru UCS 500N5 [22] .....	45
Obrázek 17. Pracoviště zkoušek odolnosti pro poklesy, výpadky a pomalé změny napětí [19].....	47
Obrázek 18. Sestava pro zkoušku EMS ústředny PZTS [17] (upravil Foukal, 2014) .....	50
Obrázek 19. Softstartér SWW JZ-05 [24] .....	54
Obrázek 20. Linkový kondicionér EAFS072 - výstupní a výstupní část [25] .....	55
Obrázek 21. Připojení kondicionéru EAFS k rozvodnému vedení [25] .....	55
Obrázek 22. Napětí na konci vedení bez linkového kondicionéru [25].....	56
Obrázek 23. Napětí na konci vedení po zapnutí kondicionéru [25] .....	56
Obrázek 24. Motorgenerátor INMESOL II [26] .....	57
Obrázek 25. UPS Schrack [27] .....	59

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Úrovně a doby trvání pro krátkodobé poklesy napětí [16] (upravil Foukal, 2014).....	37
Tabulka 2. Zkušební úrovně a doby trvání pro krátká přerušení napětí [16] (upravil Foukal, 2014).....	38
Tabulka 3. Hodnoty krátkodobých pomalých změn síťového napětí [16] (upravil Foukal, 2014).....	39
Tabulka 4. Poklesy a krátkodobá přerušení napájecího napětí u komponentů poplachových systémů [16] (upravil Foukal, 2014).....	41
Tabulka 5. Plán zkoušky EMS [17] (upravil Foukal, 2014).....	51