

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ZKOUŠKY MOTOROVÉHO POHONU JISTIČŮ NÍZKÉHO NAPĚTÍ

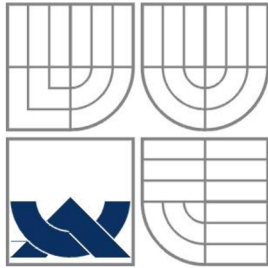
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

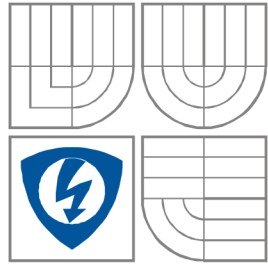
AUTHOR

ZDENĚK MLYNÁŘ



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

ZKOUŠKY MOTOROVÉHO POHONU JISTIČŮ NÍZKÉHO NAPĚTÍ

TESTS OF MOTOR OPERATOR FOR LOW VOLTAGE CIRCUIT-BREAKERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

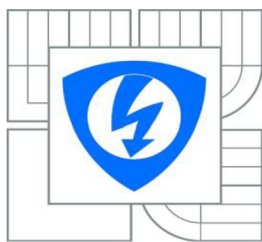
Zdeněk Mlynář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Zdeněk Mlynář

Ročník: 3

ID: 154809

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Zkoušky motorového pohonu jističů nízkého napětí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Popište princip funkce a konstrukční řešení vybraného motorového pohonu.
2. Zpracujte postup návrhu motorového pohonu pro požadované výstupní parametry.
3. Vypracujte přehled zkoušek pro motorový pohon jističe nízkého napětí dle norem ČSN EN 60947-1 a ČSN EN 60947-2.
4. Pro vybrané zkoušky navrhnete pracovní postup pro ověření návrhu a zkoušky provedte.
5. Zpracujte zkušební protokol.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] HAVELKA, O. a kol.: Elektrické přístroje, SNTL, 198

[2] HAVELKA, O. a kol.: Podklady a příklady pro navrhování elektrických přístrojů I, VUT v Brně, 1985

Termín zadání: 22. 9. 2014

Termín odevzdání: 2. 6. 2015

Vedoucí práce: Ing. Jiří Valenta, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

V dnešní době rostou nároky na energii, její bezpečné využívání a automatizaci v moderních systémech. Poslední dvě zmiňované oblasti, lze dnes poměrně snadno zajistit pomocí jističů nízkého napětí spolu s příslušenstvím. Hlavním prvkem je motorový pohon, jenž může jistič ovládat plně automatizovaně. Avšak aby mohl být motorový pohon spolu s jističem prodáván, je třeba splnit velké množství požadavků. Tato práce se zabývá jejich sumarizací, rozdělením a postupným zpracováním jednotlivých zkoušek, které jsou pro motorový pohon nezbytné či požadované zákazníky.

Abstract

Nowadays increasing demands for energy, safe use and automation in modern systems. The last two mentioned areas can now be relatively easily done using low voltage circuit breakers, along with accessories. The main element is a motor operator of circuit breaker that can operate fully automatically. But that could be the motor operator together with a circuit breaker is sold, it is necessary to fulfill a number of requirements. This work deals with their summarization, partitioning and sequential treatment of individual tests that are necessary for motor operator or required by customers.

Klíčová slova

Motorový pohon; jistič; zkouška; norma; typová zkouška; elektromagnetická kompatibilita; OEZ

Keywords

Motor operator; circuit breaker; test; standard; type test; electromagnetic compatibility; OEZ

Bibliografická citace

Bibliografická citace – MLYNÁŘ, Z. *Zkoušky motorového pohonu jističů nízkého napětí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Valenta, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Zkoušky motorového pohonu jističů nízkého napětí* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

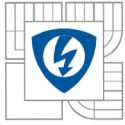
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Valentovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady a společnosti OEZ při zpracování mé bakalářské práce.

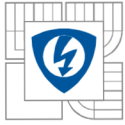
V Brně dne

Podpis autora

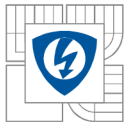


Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
ÚVOD.....	12
1 MOTOROVÝ POHON.....	13
1.1 KONSTRUKCE MOTOROVÉHO POHONU.....	13
1.2 ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH POHONŮ.....	15
1.2.1 MOTOROVÝ POHON SE STRÁDAČEM (SEO).....	15
1.2.2 PŘÍMÝ POHON (MO).....	15
1.2.3 ČELNÍ UKOTVENÍ.....	16
1.2.4 BOČNÍ POHON	16
2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH MOTOROVÉHO POHONU.....	17
2.1 VÝCHOZÍ PODMÍNKY.....	17
2.2 VÝCHOZÍ POŽADAVKY	18
2.2.1 OBJEKTIVNÍ	18
2.2.2 SUBJEKTIVNÍ.....	19
2.3 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH A OVĚŘENÍ.....	20
2.4 VÝVOJOVÁ REALIZACE	20
2.5 OVĚŘENÍ MĚŘENÍM.....	20
3 ZKOUŠKY MOTOROVÉHO POHONU	21
3.1 PROBLEMATIKA ZKOUŠEK.....	21
3.1.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY	21
3.1.2 POŽADAVKY ZÁKAZNÍKŮ	21
3.2 DRUHY ZKOUŠEK	22
3.2.1 TYPOVÉ ZKOUŠKY.....	22
3.2.2 VÝROBNÍ KUSOVÉ ZKOUŠKY	22
3.2.3 VÝBĚROVÉ ZKOUŠKY	22
3.2.4 VÝVOJOVÉ ZKOUŠKY	22
3.3 PŘEHLED NUTNÝCH POŽADAVKŮ DANÝCH LEGISLATIVOU ČR PRO MOTOROVÝ POHON	22
3.3.1 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA ZAŘÍZENÍ NÍZKÉHO NAPĚTÍ.....	23
3.3.2 POŽADAVKY Z HLEDISKA ELEKTROMAGNETICKÉ KOMPATIBILITY	24
3.3.3 OMEZENÍ URČITÝCH LÁTEK V ZAŘÍZENÍCH	24
3.4 PŘEHLED JEDNOTLIVÝCH ZKOUŠEK PRO MOTOROVÝ POHON PODLE TECHNICKÝCH NOREM ČSN 60947 – 1 A ČSN 60947 – 2.....	24
3.4.1 SOULAD S KONSTRUKČNÍMI MATERIÁLY	24
3.4.2 TYPOVÉ ZKOUŠKY.....	25
3.4.3 VÝROBNÍ KUSOVÉ ZKOUŠKY	28
3.4.4 SPECIÁLNÍ ZKOUŠKY	29

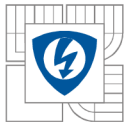


4 VYPRACOVÁNÍ POSTUPŮ VYBRANÝCH ZKOUŠEK.....	30
4.1 ZKOUŠKA A MĚŘENÍ VYZAŘOVANÝCH EMISÍ.....	30
4.1.1 PODMÍNKY ZKOUŠKY	30
4.1.2 VYSOKOFREKVENČNÍ RUŠENÍ ŠÍŘENÉ VEDENÍM.....	31
4.1.3 VYSOKOFREKVENČNÍ RUŠENÍ ŠÍŘENÉ VYZAŘOVÁNÍM.....	32
4.1.4 POSOUZENÍ VYHOVĚNÍ ZAŘÍZENÍ	33
4.2 ZKOUŠKA VLHKÝM TEPLEM CYKlickÝM	34
4.2.1 PODMÍNKY ZKOUŠKY	34
4.2.2 PRŮBĚH ZKOUŠKY.....	34
4.2.3 PO ZKOUŠCE.....	36
4.3 ZKOUŠKA VIBRACEMI (SINUSOVÉ).....	36
4.3.1 PODMÍNKY	37
4.3.2 PARAMETRY ZKOUŠKY - VIBRACE	38
4.3.3 PARAMETRY ZKOUŠKY – VYŠETŘENÍ VIBRAČNÍ ODEZVY (REZONANCE)	38
4.3.4 KONTROLA A VÝSLEDKY ZKOUŠKY	39
4.4 ZKOUŠKA RÁZY.....	39
4.4.1 PRŮBĚH ZKOUŠKY.....	40
4.4.2 VÝSTUPY ZKOUŠKY.....	40
5 VÝSLEDKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK	41
5.1 EMISE MOTOROVÉHO POHONU.....	41
5.1.1 VYSOKOFREKVENČNÍ RUŠENÍ ŠÍŘENÉ VEDENÍM (150 KHZ – 30 MHZ).....	41
5.1.2 VYSOKOFREKVENČNÍ RUŠENÍ ŠÍŘENÉ VYZAŘOVÁNÍM (30 MHZ – 1000 MHZ).....	41
5.2 VLHKÉ TEPLo CYKlickÉ.....	41
5.3 SINUSOVÉ VIBRACE	41
5.4 RÁZY	42
6 ZÁVĚR.....	43
LITERATURA	44
PŘÍLOHY	46



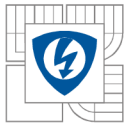
SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. 1: Motorový pohon čelní umístěný na jističi řady 3VA2 [4].....</i>	<i>14</i>
<i>Obrázek 2. 1: Charakteristika změřené ovládací síly na dráze páky jističe nízkého napětí [7]....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 4. 1: Schématické zobrazení zkoušky emisí při vf rušení vyzařováním [12].....</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 4. 2: Časový průběh teploty a relativní vlhkosti během jednoho cyklu [17]</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 4. 3: Specifikované základní montážní polohy pro jistič a jeho příslušenství [4].....</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 4. 4: Tvar pulsu a toleranční meze pŕlsinusového rázu [22].....</i>	<i>40</i>



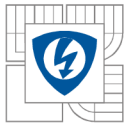
SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 2. 1: Maximální ovládací síly jističe nn [7]</i>	<i>18</i>
<i>Tabulka 2. 2: Minimální vzdušné vzdálenosti pro motorový pohon [11].....</i>	<i>19</i>
<i>Tabulka 4. 1: Mezní hodnoty rušivých napětí na síťových svorkách pro zařízení třídy B skupiny 1 při měření na zkušebním stanovišti [16].....</i>	<i>31</i>
<i>Tabulka 4. 2: Mezní hodnoty rušivého elektromagnetického vyzařování pro zařízení třídy B, skupiny 1 při měření na zkušebním stanovišti [16]</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 4. 3: Parametry prostředí pro aklimatizaci vzorku za normálních klimatických podmínek</i>	<i>36</i>
<i>Tabulka 4. 4: Toleranční hodnoty kmitočtu pro vibrační zkoušky [20]</i>	<i>37</i>
<i>Tabulka 4. 5: Požadované parametry pro zkoušku vibracemi rozmítáním [20][21].....</i>	<i>38</i>
<i>Tabulka 4. 6: Stanovené parametry pro hledání rezonancí u Motorového pohonu [11].....</i>	<i>39</i>



SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	střídavý elektrický proud
C	vypínání jističe
CO	zapínání jističe, následným vypnutím po určité době
ČSN	česká technická norma
dB	decibel
DC	stejnoseměrný elektrický proud
EMC	elektromagnetická kompatibilita
EUT	zkoušené zařízení
IEC	mezinárodní elektrotechnická norma
IP	stupeň krytí
LED	elektroluminiscenční dioda
MCCB	kompaktní jistič (Molded Case Circuit Breaker)
MO	motorový pohon (Motor Operator)
ms	milisekunda
PLC	programovatelný logický automat
SEO	střadačový pohon (Stored Energy Operator)
t	doba mezi po sobě následujícími zkraty
TRIP	poloha vybaveno
Toogle	místo zvratu



ÚVOD

Pokud se v dnešní době řekne jistič, většina lidí si jen matně vzpomene na nějaké malé zařízení, jež mají instalováno v domácnosti a které dokáže „zařídít“, že nejde elektrický proud či v lepším případě vědí o jeho důležitosti pro jejich bezpečnost. Ve většině případů si ho lidé nahodí zpět a dále tento problém neřeší. Avšak pouhé nahození jističe neřeší problém příčiny vypnutí, což se stává problémem při velkých podnicích, bytových domech, výrobních halách atd. Přerušování dodávky proudu se zde pojí s ekonomickými ztrátami a proto je snaha o co nejrychlejší odstranění příčiny a opětovné nahození jističe. Ovšem v některých případech je opětovné nahození jističe velmi pracné či vzdálenostně náročné, což prodlužuje dobu přerušování dodávky proudu [1].

Pro výše zmíněné důvody jsou pro kompaktní jističe, ve zkratce MCCB (Molded Case Circuit Breaker) v nabídce firmy OEZ, tzv. motorové pohony. Tyto motorové pohony zajišťují dálkové ovládání kompaktních jističů nízkého napětí, zvyšují přehlednost a ovladatelnost či uživatelskou přívětivost celého jističího zařízení [1].

Aby motorový pohon spolu s kompaktním jističem plnil svoji funkci tj. jištění obvodu při poruše, musí splňovat určité legislativní a technické podmínky. Tyto podmínky, kterými je výrobce povinen se řídit, se nazývají normy. V ČR jsou platné normy ČSN popřípadě mezinárodní IEC.

Pokud chce výrobce prodávat na území našeho státu, popřípadě v EU je nucen své výrobky vyrábět, tak aby tyto legislativní normy splnil. Procesu výroby však předchází konstrukční část a posléze zkušební. Tato zkušební část nás bude zajímat, jelikož následné zkoušky na prototypch a konečných výrobcích musejí vyhovět normám. Tedy i kompaktní jistič s motorovým pohonem musí projít těmito zkouškami a vyhovět. Výrobce neusiluje pouze o splnění jednotlivých norem, ale snaží se zákazníkovi nabídnout lepší produkt, než konkurence. Proto provádí zkoušky i nad rámec norem pro různé podmínky a dle požadavků zákazníka. S těmito dodatečnými zkouškami může výrobce jak certifikovat splnění legislativních norem, tak se i popřípadě zavazovat ke splnění vyšších nároků.

Tato práce se bude zabývat zkouškami právě na motorovém pohonu jističe nízkého napětí z pohledu norem a legislativy. Postupně bude ukázán postup návrhu motorového pohonu pro zadané parametry, bude zjištěno, jaké jsou potřebné zkoušky dle daných norem. V následné fázi bude postupně vypracován zkušební proces jednotlivých zkoušek (tzv. Test plan).

1 MOTOROVÝ POHON

Při pohledu na funkci a konstrukci jističe jako zařízení zajišťující ochranu před úrazem elektrickým proudem je patrné, že po jeho vybavení (vypnutí nadproudu či zkratu) je potřeba ho uvést do původního stavu. Pokud však má jistič správně vypnout zkraty, kde dochází k několika násobnému zvýšení procházejícího proudu, je třeba jeho vypínací síly dostatečně dimenzovat. To s sebou nese i zvýšené nároky na ovládací síly použité obsluhou, umocněné zhoršenou či často prakticky nemožnou (v relativně krátkém čase) přístupností k jističi. Tyto zhoršené podmínky přístupu jsou typické pro rozvaděče s hlubokým zapuštěním. Na druhé straně je tu i snaha o zvýšenou automatizaci, která dokáže obsluhu takovýchto zařízení podstatně ulehčit práci. Zájem o lepší automatický provoz je dán i dnešními možnostmi kompaktních jističů, kdy se hojně využívají i ke spínání a vypínání obvodů namísto stykačů. Zde popsané využití však mají pouze v obvodech, kde nedochází k častému spínání obvodu, jelikož jejich konstrukce není dimenzována na tak velký počet sepnutí [1][2][3].

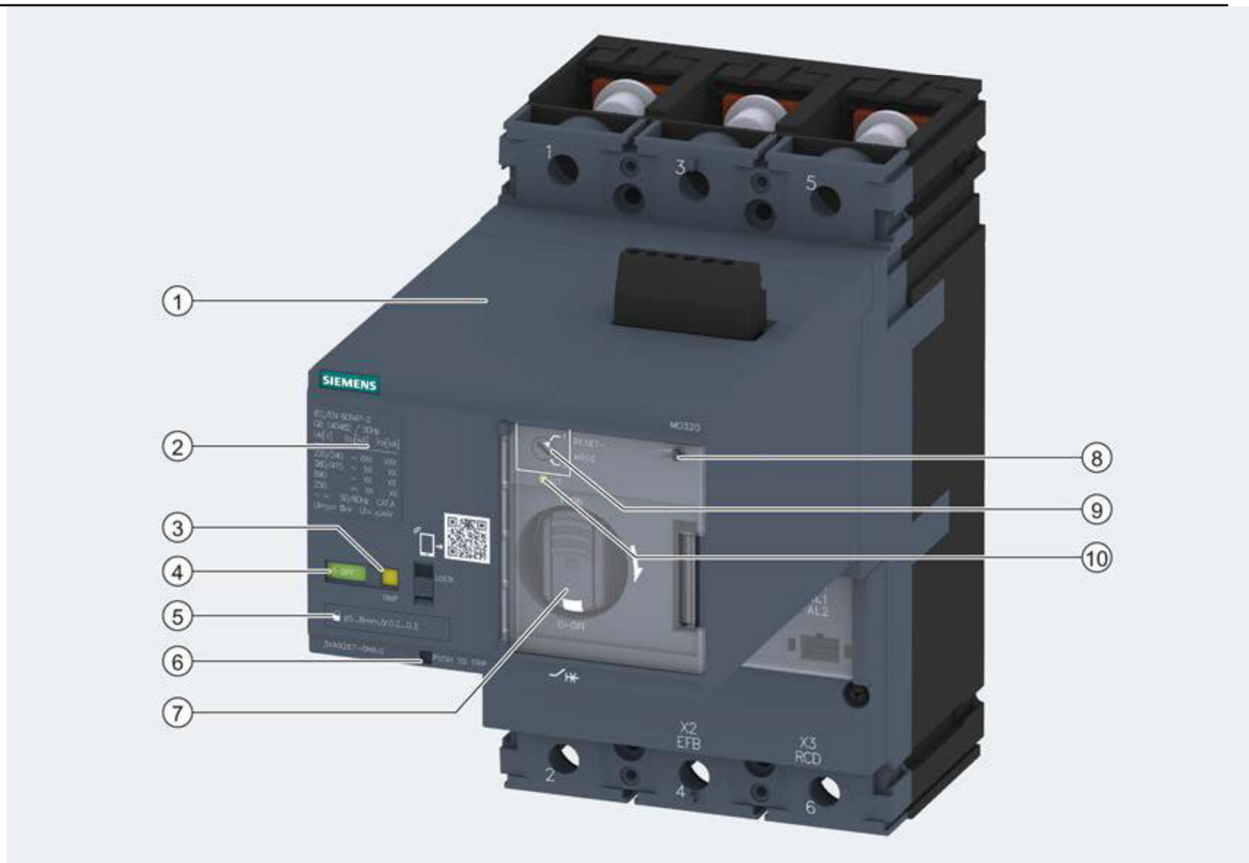
Výše uvedené požadavky vedly k vývoji modulárního příslušenství ke kompaktním jističům. Jednu oblast pokrývají tzv. ruční pohony. Ruční pohon je vlastně mechanická převodovka, která dělí a mění i směr síly (otáčivý pohyb na posuvný) potřebné k ovládnutí jističe. Pokud je jistič umístěn na hůře přístupném místě je možno jej ovládat přes ruční pohon s teleskopickou tyčí. Využití má toto zařízení například v rozvaděčích. Avšak v dnešní době je stále častěji požadována vyšší automatizace provozu a bezobslužný provoz. Na základě těchto požadavků vznikl motorový pohon jako příslušenství ke kompaktnímu jističi [2][3].

Právě motorový pohon se stává nedílnou součástí příslušenství jističe. Jeho bezobslužný provoz a modulární kompatibilita lákají stále více zákazníků. Velikou výhodou motorového pohonu je i možnost ho použít v tzv. záskokovém automatu. Záskokový automat slouží k zajištění nepřetržité dodávky elektrického proudu ze dvou nezávislých zdrojů. Při tomto napájení však nesmí dojít k paralelnímu provozu obou napájecích obvodů. Toto v automatickém režimu řeší právě záskokový automat, jenž pomocí jističů s potřebným příslušenstvím (pomocné spouště, spínače a motorové pohony) dokáže řídit paralelní chod obou sítí. Za pomoci právě motorového pohonu a řídicích obvodů dokáže záskokový automat ovládat jednotlivé pohony (rozpojovat a spínat přes jističe obvody) dle aktuální potřeby [1][2][6].

1.1 Konstrukce motorového pohonu

Motorový pohon transformuje svojí uloženou energii v pružině (střadač) nebo energii ze stejnosměrného motorku (přímý) na mechanickou pohybovou energii, která je použita na pohyb s pákou jističe. Zároveň je pohon i indikátorem stavu jističe, na kterém je namontován. Všechny tyto jeho vlastnosti musí být určitým způsobem kompaktně uloženy a funkčně zasazeny do těla (krytu) motorového pohonu. Zároveň tělo pohonu kryje jednotlivé části (mechanické převodovky, pružiny střadače, ovládací pružinky, stejnosměrný motorek, elektronika, atd.) před vnikem cizích těles a vody ve stupni IP 20 až IP 30 [3] [4].

Obr. 1.1 [4] zobrazuje motorový pohon čelní přímý:



Obrázek 1. 1: Motorový pohon čelní umístěný na jističi řady 3VA2 [4]

- 1) Tělo motorového pohonu
- 2) Štítek s charakteristickým popisem použitého jističe
- 3) Signalizace polohy TRIP na jističi pomocí LED
- 4) Štítková signalizace polohy jističe s barevným rozlišením pro bezpečné rozlišení
- 5) Zasouvací západka pro umístění zámků
- 6) Zapuštěné tlačítko pro ovládání jističe do polohy TRIP
- 7) Manuální ovládání
- 8) Otvor pro umístění plomby pohonu
- 9) Ručně přepínatelné nastavení jednotlivých režimů pohonu
- 10) Signalizace připojeného napětí pomocí LED

Z obr. 1.1 [4] je patrné, že motorový pohon obstarává i funkci signalizační. Tedy dokáže signalizovat pomocí barevně rozlišených štítků stav příslušného jističe. Zobrazuje polohy ON/OFF a za pomoci oranžové LED diody i polohu TRIP. Zároveň musí na svém těle obsahovat štítek s hodnotami jističe, jelikož původní štítek byl demontován při nasazení pohonu pomocí adaptéru na místo krytu dutin jističe s požadovaným štítkem. Pro vyšší bezpečnost je možnost, jej uzamknou za pomoci visacích zámků o určeném průměru. Pohon je v takovém případě uzamknut v poloze OFF. S tím souvisí i možnost zaplombování ručního ovládání pohonu, jež se aktivuje odklopením krytu. Toto ovládání je založeno na ručním natažení páky jističe přes převodní

mechanický systém daného pohonu. U motorových pohonů pro jističe s vyšší jmenovitým proudem jsou ovládací síly však vyšší, tedy i při ručním natažení motorového pohonu je třeba speciální převodovky. Tato přídatná převodovka snižuje silové nároky na obsluhu pohonu, na druhé straně zvětšuje rozměry pohonu a tím i jeho horší zástavbu do stísněných prostor [2][4].

K dálkovému ovládnutí je zapotřebí přivést signál, který dává pokyn k určitému úkonu, jenž má pohon vykonat. Tohoto je docíleno za pomoci adaptéru, jenž propojuje motorový pohon s řídicím obvodem. Signál je vysílán z řídicího obvodu například spouštěcím tlačítkem či pomocí PLC [4].

1.2 Rozdělení jednotlivých pohonů

Rozdělit motorové pohony lze dle dvou způsobů. První vychází z konstrukčního hlediska a tedy i principu působení na páku jističe:

- Motorový pohon se střadačem (SEO)
- Přímý pohon s motorem (MO)

Druhé dělení je založeno na principu osazení na jističi. Tedy:

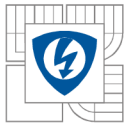
- Čelní
- Boční

1.2.1 Motorový pohon se střadačem (SEO)

Principem pohonu vybaveného střadačem je energie uložená v pružině či pružinách. Tato energie je nasrádána (uložena) v pohonu za pomoci motorku, jež napájíme přes adaptér s ovládacími kabely. Po nasrádání energie do natažené pružiny je pohon schopen velmi rychle (v řádu do 100 ms) zapnout jistič. Tedy elektrická energie z napájecího obvodu je přes motorek uložena jako energie potenciální v pružině a tato energie se pak dokáže transformovat v mechanický pohyb působící na jistič. Přes řídicí adaptér jsme schopni takovýto pohon se střadačem ovládat na dálku v plně automatizovaném režimu. Pohony tohoto druhu jsou vybaveny i indikací nasrádané energie. Obsluha poté dokáže lépe vyhodnotit připravenost pohonu i pouhým pohledem. Při přerušení napájecího napětí lze pohon nasrádat ručně za pomoci pákového mechanismu, jenž působí přímo na pružinu střadače a ukládá do ní energii [1][5].

1.2.2 Přímý pohon (MO)

Motorový pohon přímý je založen na principu stejnosměrného motorku. Jak je patrné z obr. 1.1 [4] na pohon je přes adaptér přivedeno kromě řídicího signálu i napětí. Přivedené napětí napájí pohon (DC motorek, LED signalizace). Po přivedení řídicího signálu přes adaptér na pohon je spuštěn motorek. Díky usměrňovači před motorkem je možno takovýto pohon napájet jak ze zdroje stejnosměrného napětí, tak i ze zdroje střídavého. Jeho otáčivý pohyb je přes sérii převodovek přeměněn na posuvný pohyb mostu pohonu, který je mechanickou vazbou spojen s pákou jističe, kterou ovládá. Při ručním ovládnutí pohonu je mechanická vazba ovládací otočné páky pod průhlednými dvířkami přímo spojena s převodovkami. Jde o nahrazení otáčivého pohybu motorku, např. při výpadku napájecího napětí [1] [2] [4].



1.2.3 Čelní ukotvení

Čelním ukotvením je myšlena instalace na jističi přímo nad pákou. Kdy se instalace provádí pomocí adaptéru, jenž je implementován na jistič namísto krytu dutin. Energie pohonu za pomoci tzv. mostu přímo pohybuje s pákou jističe. Most je mechanická součástka pohonu, která zapadá přímo na páku jističe a s její pomocí dochází k pohybu[2].

1.2.4 Boční pohon

Bočního uspořádání pohonu se užívá v místech, kde před jističem již nezbývá dostatek místa pro čelní pohon či je jeho použití v daném místě vhodnější. Princip je založen na zasunutí pohonu do drážek na boku jističe a propojení pohonu s pákou jističe za pomoci spojky. Tato spojka zajišťuje přenos dostatečné síly na páku i bez přímé vazby se zdrojem energie v pohonu.

2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH MOTOROVÉHO POHONU

Konstrukce jakéhokoliv přístroje se nedá dělat bezmyšlenkovitě, ale je potřeba postupovat jednotlivě a po logických krocích, aby na konci ve výsledku byl funkční přístroj schopný bezpečného a správného provozu. Proto si rozdělíme konstrukci motorového pohonu do několika základních celků:

- Výchozí podmínky
- Výchozí požadavky
- Předběžný návrh spolu s ověřením
- Vývojová realizace
- Ověření měřením

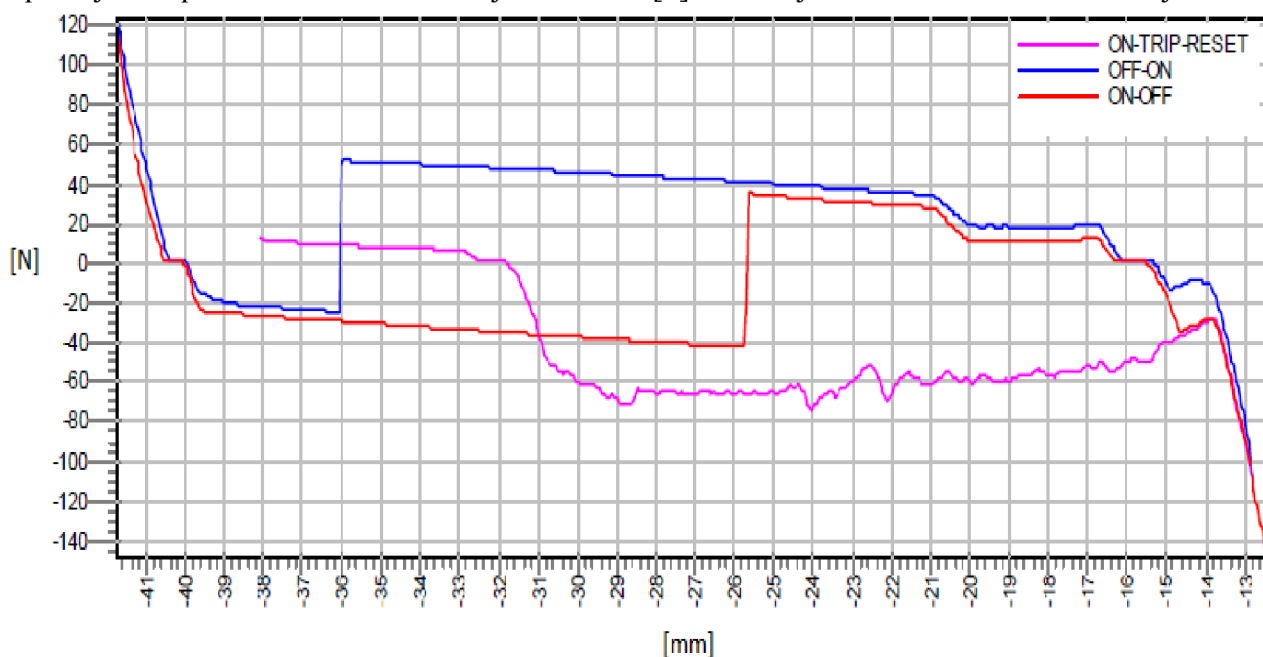
V následujících kapitolách budou jednotlivé celky rozebrány více do hloubky.

2.1 Výchozí podmínky

Výchozí podmínky charakterizují vlivy, které ovlivňují konstrukci motorového pohonu. Jedná se zejména o vlivy prostředí (charakter prostředí, EMC,...), prostorové údaje, napájecí soustavy, zapínací a vypínací časy, charakteristiky jističe, atd.

Výše uvedené podmínky jsou daný samotným charakterem použití. Tedy výrobce si musí specifikovat pro jaká prostředí, soustavy a v jakých podmínkách bude přístroj používán. S ohledem na tyto podmínky musí být přístroj konstruován a následně i testován. Další (a zřejmě i tou nejhlavnější) výchozí podmínkou je instalace a posléze správná funkčnost motorového pohonu na konkrétním jističi (řadě jističů o určitém nominálním proudu).

Správná funkčnost motorového pohonu je založena na dostatečné ovládací síle, kterou působí na páku jističe po určité dráze. Následující obr. 2.1 [7] zobrazuje změřenou charakteristiku jističe



Obrázek 2. 1: Charakteristika změřené ovládací síly na dráze páky jističe nízkého napětí [7]

V tabulce 2.1[7] jsou udány (některé) nejvyšší možné ovládací síly na páku konkrétní řady jističe.

Tabulka 2. 1: Maximální ovládací síly jističe *nn* [7]

Pohyb páky (z pozice do pozice)	Ovládací síla maximální [N]
ON → OFF	< 60
OFF → ON	< 75
TRIP → RESET	< 90

Porovnáním výše uvedené naměřené charakteristiky a tabulky, je patrné, že jistič splňuje předem dané ovládací síly. A právě toto měření je pro nás velmi důležité. Jelikož motorový pohon jako příslušenství jističe má za primární úkol pohyb pákou jističe, je důležité, aby jeho minimální ovládací síly byly vyšší než maximální ovládací síly páky jističe [7] [8].

2.2 Výchozí požadavky

Požadavky lze v obecné míře rozdělit na objektivní (zákony, nařízení, normy) a subjektivní, které představují požadavky uživatelů.

2.2.1 Objektivní

Objektivní požadavky jsou velmi důležité a je zcela bezpodmínečně nutné je dodržet. Jedná se zejména o bezpečnost stanovenou zákonem či příslušnými normami, jež je třeba splnit (viz. Kapitola 3) [7] [8] [9] [10] [11].

- Napájecí napětí
 - Jde zejména o rozsah hodnoty napájecího napětí pohonu, ve kterém je zajištěna jeho funkčnost
 - Pro napájení 24 – 60 V DC jde o rozpětí 85 – 130 % jmenovité hodnoty
 - Pro napájení 110 – 250 V DC jde o rozpětí 85 – 130 % jmenovité hodnoty
 - Pro napájení 110 – 230 V AC jde o rozpětí 85 – 110 % jmenovité hodnoty
- Správná indikace a značení
 - Zřetelná indikace (na motorovém pohonu) polohy hlavních kontaktů jističe
 - Jasné symboly a vysvětlující piktogramy
- Konstrukční požadavky
 - Oteplení
 - Schopnost při přetížení
 - Bezpečnost obsluhy (zámky, kryty,...)
 - Atd.
- Dielektrická bezpečnost
 - Splnění minimálních vzdušných (tabulka 2. 2 [11]) a povrchových vzdáleností
 - izolace

Tabulka 2. 2: Minimální vzdušné vzdálenosti pro motorový pohon [11]

Jmenovité impulsní výdržné napětí výrobku [kV]	Minimální vzdušné vzdálenosti – podmínky nehomogenního pole [mm]			
	Stupeň znečištění			
	1	2	3	4
0,33	0,01	0,2	0,8	1,6
0,5	0,04	0,2	0,8	1,6
0,8	0,1	0,2	0,8	1,6
1,5	0,5	0,5	0,8	1,6
2,5	1,5	1,5	1,5	1,6
4	3	3	3	3
6	5,5	5,5	5,5	5,5
8	8	8	8	8
12	14	14	14	14

2.2.2 Subjektivní

Mezi subjektivní lze zařadit požadavky a specifiky zákazníků. Před vývojem zcela nového produktu provádí výrobce průzkum trhu a mezi stálými zákazníky. Podle zjištění se snaží tyto výsledky zakomponovat do svého produktu. Takové požadavky se většinou dají shrnout do následujících:

- Vyšší parametry (jmenovitý proud, rozličná napájecí napětí, vyšší životnost,...)
- Bezpečnost
- Kompaktnost
- Uživatelská přívětivost (snadnost obsluhy, údržba,...)
- Cena
- Design
- Atd.

2.3 Předběžný návrh a ověření

Po uvážení výše jmenovaných skutečností se přistupuje k vlastnímu návrhu motorového pohonu. Pro splnění podmínek a požadavků je třeba provést konkrétní návrh. Ten se skládá z výběru materiálů, prvků v pohonu, krytů, součástek, atd.

Poté se provádějí simulace a výpočty. V dnešní době se k těmto účelům používají moderní softwarové prostředky (nejčastěji 3D CAD systémy pro návrh a následnou simulaci). Pokud takový návrh úspěšně projde tímto prvním ověřením, lze přistoupit k samotné realizaci.

2.4 Vývojová realizace

V této fázi se sestaví první prototypy dle prvotního návrhu. Na nich je provedena zkouška funkčnosti. Prověřuje se hlavně mechanická a elektrická část motorového pohonu [7] [8]:

- Pohyb mostu pohonu
 - Pomocí ručního ovládání přímo na převodovku s hřídelkou ovládající most
 - Automatické ovládání (funkce elektroniky, DC motorku)
- Indikace
 - Indikace polohy kontaktu jističe
 - Světelná indikace pomocí LED
- Kompatibilita
 - Připojení na napájecí napětí a ovládací signály
 - Nasazení na jistič
- Zabezpečení
 - Mechanická funkce tlačítek (zámek, TRIP)
 - Pevnost zámku proti neoprávněnému použití
 - Kontrola krytů
 - Kontrola průhledného krytu manuálního a automatického ovládání spolu s jeho možností zaplombování

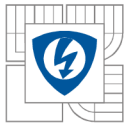
V této fázi dochází k mnoha změnám, jak v samotné konstrukci, tak i ve výběru nových materiálů. Toto množství změn platí i pro další a poslední část návrhu motorového pohonu, kdy se prakticky dané zařízení zkouší a vyhodnocuje.

2.5 Ověření měřením

Po předešlé mechanické kontrole se přistupuje k základním vývojovým zkouškám, které prověřují deklarované schopnosti a slouží k ověření správnosti konstrukčního řešení [11].

Jak již vyplynulo z výchozích podmínek, je pro motorový pohon nezbytné splnit minimální (resp. maximální) velikosti sil působících na páku jističe. Toto se ověřuje pomocí měřící aparatury na 3D stole za pomoci čidel a měřících programů [8].

V případě kladného průběhu konstrukčního procesu lze přistoupit k další fázi a to jsou samotné zkoušky, konkrétně v tomto případě pro motorový pohon.



3 ZKOUŠKY MOTOROVÉHO POHONU

Pro přiblížení zkoušek je nejprve nutné se zabývat jejich podstatou, tedy proč vlastně nějaký výrobek zkusíme. V druhé fázi se zaměříme přímo na zjištění a rozdělení zkoušek, které musí splňovat motorový pohon, aby splnil dané normy ČSN 60947 – 1 a ČSN 60947 - 2.

3.1 Problematika zkoušek

První přiblížení problematiky zkoušek je nastíněno již v úvodu, tedy jsou dvě roviny, které určují zkoušky a jejich provedení. Jednu rovinu tvoří splnění zákonných a legislativních požadavků, a druhou jsou specifické požadavky zákazníka.

3.1.1 Legislativní požadavky

Pokud chce výrobce uvést na trh nějaký svůj výrobek, je v první řadě nucen splnit zákony platné pro daný trh. V České republice jde o zákon č. 22/1997 Sb., což je Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Tento zákon stanovuje České technické normy (ČSN), způsoby certifikace a posuzování shody s normami, udělování akreditace, atd. [10].

Jasným označením písmeny CE na výrobku je deklarována shoda s tímto zákonem. Tím je dáno, že výrobek splňuje všechny technické náležitosti, které stanovují příslušná vládní nařízení a byl zkoušen dle platných postupů předepsaných zkoušek [10].

3.1.2 Požadavky zákazníků

Podíváme-li se na trh z objektivního pohledu, tak se výrobce určitého výrobku snaží prodat svůj výrobek v co největším počtu. Z tohoto pohledu se snaží výrobce nabídnout zákazníkovi své výrobky v určité kvalitě a ceně. A právě kvalita je pro určitou skupinu zákazníků velmi důležitá.

Aby mohl výrobce těmto zákazníkům kvalitu svých výrobků deklarovat, provádí zkoušky dle různých norem. Tyto normy zabezpečují, že daný výrobek splňuje určité standardy kvality a poučený zákazník si posléze může vybrat pro něj nejvhodnější výrobek.

Jelikož české technické normy (ani mezinárodní IEC) nejsou povinné, záleží na každém výrobcu, které normy a jimi dané zkoušky (či sledy zkoušek) bude plnit, zda vůbec bude nějaké plnit, a bude jimi po řádné certifikaci moci označit své výrobky [10] [11].

Aby byly tyto standardy dané normami snadno srovnatelné a nezpochybnitelné, nemůže si je výrobce sám certifikovat. Ke státní kontrole a dohledu nad takovými aktivitami spojenými se správou norem a jejich poskytováním a vydáváním je pověřen Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví [10].

Vydání certifikátu o shodě výrobku s příslušnou normou opět není záležitostí výrobce, ale laboratoře či zkušebního místa, jež je dle výše uvedeného zákona oprávněno provádět zkoušky jednotlivých norem (tzv. akreditované laboratoře). O přidělení akreditace jednotlivým subjektům rozhoduje na základě zákonných požadavků na odbornost, technické zázemí a počet zaměstnanců státem určený akreditační orgán [10].

3.2 Druhy zkoušek

Předně než začneme s jednotlivými zkouškami, je třeba si je rozdělit do základních skupin. Jednotlivé typy zkoušek se od sebe natolik liší, že jsou rozděleny do níže uvedených kapitol, ve kterých jsou jejich hlavní znaky popsány.

3.2.1 Typové zkoušky

Tyto zkoušky jsou prováděny před uvedením výrobku na trh. Typové zkoušky jsou určeny k zjištění shody s danou normou, tedy splnění daných konstrukčních požadavků, oteplení, EMC, funkce v provozu, atd. Jak konkrétně má být výrobek testován, v jakém sledu zkoušek a limity, jež má splnit stanovuje příslušná norma výrobku [11] [12].

3.2.2 Výrobní kusové zkoušky

Pokud již výrobce splnil požadavky dané typovou zkouškou a uvedl výrobek na trh po splnění všech zákonných podmínek, jsou prováděny tzv. výrobní kusové zkoušky. Provádějí se na každém vyrobeném kusu zařízení, než mohou být dále určeny k prodeji. Tyto zkoušky mají za účel zjištění správné funkce zařízení, případně závady a provést selekci zařízení [10] [11].

3.2.3 Výběrové zkoušky

S ohledem na velké množství testovaných zařízení při výrobních kusových zkouškách dovoluje norma ČSN 60947 - 1 provádět výběrové zkoušky. K těmto zkouškám lze přistoupit, až po určité době kdy statistické a technické rozbory z výrobních kusových zkoušek jasně prokazují, že nejsou nutné. Lze k nim však přistoupit jen v případě, že to dovoluje i daná norma příslušného výrobku. V běžné praxi jsou tyto zkoušky rozsáhlejší a po dohodě se zákazníkem obsahují kromě klasické kusové zkoušky i zkoušky, které prověří deklarované vlastnosti a charakteristiky [11] [12].

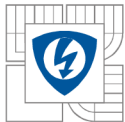
3.2.4 Vývojové zkoušky

Zvláštním typem zkoušek jsou pak zkoušky vývojové. Tyto zkoušky nepodléhají žádným normám, zákonům či certifikacím, ale slouží pro vývojové a konstrukční účely. Příkladem na kterém je podstata těchto zkoušek vidět, je například měření síly a dráhy. Z kapitoly 2 je patrné, že motorový pohon musí vynaložit určitou sílu na dráze ovládací páky jističe, aby byl schopen ho uvést do požadovaného stavu. A toto je právě účelem vývojových zkoušek, kdy konstruktér navrhne motorový pohon tak, aby byl schopen této požadované síly dosáhnout, a zkouškami se poté ověří, zda je takové konstrukční řešení pohonu schopné splnit zadané požadavky.

3.3 Přehled nutných požadavků daných legislativou ČR pro motorový pohon

Jednotlivé požadavky pro zařízení podle zákona č. 22/1997 Sb. Určují následující nařízení [10]:

- Nařízení vlády č. 17/2003 Sb. – technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí
- Nařízení vlády č. 616/2006 Sb. – technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility



- Nařízení vlády č. 481/2012 Sb. – o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních

3.3.1 Technické požadavky na zařízení nízkého napětí

Jelikož je motorový pohon příslušenstvím jističe nízkého napětí vztahuje se k němu i toto nařízení, jenž specifikuje nízké napětí jako 50 V až 1000 V AC a 75 V až 1500 V DC.

Technické podmínky podle [13]:

a) Požadavky na bezpečnost

- Všeobecné
 - Řádné označení výrobku na jeho obalu či v jeho průvodní dokumentaci
 - Dodržení požadovaných parametrů a charakteristik, aby bylo při správném provozu a obsluze bezpečné
 - Označení výrobce či obchodní známky musí být jasně vyznačeno (na jeho obalu či přímo na výrobku)
- Ochrana před nebezpečím, které může způsobit elektrické zařízení
 - Nedojde ke vzniku nebezpečných oblouků, teplot
 - Dostatečná ochrana před elektrickým i neelektrickým nebezpečím
 - Dimenzování izolace na příslušné podmínky
- Ochrana před nebezpečím z důvodu působení vnějších vlivů na elektrické zařízení
 - Výrobek musí dostatečně odolávat vnějším vlivům (mechanické i jiné), aby nebyl ohrožen oprávněný zájem
 - Bezpečné fungování i při předpokládaném přetížení

b) Vnitřní kontrola výroby

- Výrobce musí zajistit a deklarovat, že zařízení splňuje na něj kladené požadavky dle zákona a poté opatřit výrobek značkou shody CE spolu s jeho písemným prohlášením.
- Výrobce vypracovává a poté 10 let uschovává technickou dokumentaci, podle které bude i posléze možné posoudit shodu výrobku s daným nařízením. Dokumentace musí obsahovat:
 - Zkušební protokoly
 - Popis elektrického zařízení spolu s výkresy a jednotlivými schémata a jejich komentáře či vysvětlivky ke správné srozumitelnosti
 - Výsledky zkoušek a výpočtů
 - Seznam technických dokumentů (norem a legislativních zákonů), podle kterých je dané zařízení konstruováno a které splňuje

Pokud splní výrobek výše uvedené podmínky je možno ho uvést na trh a uvádět na něm označení CE, které označuje splnění legislativních požadavků a shodu s nařízením vlády [13].

3.3.2 Požadavky z hlediska elektromagnetické kompatibility

Elektromagnetická kompatibilita z hlediska nařízení [14] je soubor opatření, jež mají za cíl dosáhnout takového výrobku (zařízení), který je možné používat v prostředí s elektromagnetickým rušením a zároveň nevyzařuje do okolí větší než přípustné rušení [14].

Základní požadavky, kladoucí důraz na bezpečnost jsou dle [14]:

- Zařízení nesmí způsobovat rušení takové, které by rušilo ostatní zařízení (hlavně rádiová a telekomunikační)
- Jeho konstrukce a provedení dostatečně zabezpečuje správnou funkci výrobku při přípustném okolním rušení v místě, kde může být výrobek použit

3.3.3 Omezení určitých látek v zařízeních

Pro motorový pohon je pro nás závazná kategorie „elektrické a elektronické nástroje“ [15]. Dle příslušného nařízení jsou následující látky (a jejich přípustná maximální koncentrace) omezeny pro použití ve výrobcích [15]:

- Olovo (0,1 %)
- Kadmium (0,01 %)
- Šestimocný chrom (0,1 %)
- Rtuť (0,1 %)
- Polybromované bifenyly (0,1 %)
- Polybromované difenylethery (0,1 %)

Nařízení [15] také specifikuje příslušné podmínky a přípustné koncentrace těchto látek pro určitá zvláštní určení (osvětlovací technika, zdravotnická technika,...). Pro motorový pohon není určena žádná zvláštní skupina, jež by upravovala přípustné hodnoty výše uvedených látek [15].

3.4 Přehled jednotlivých zkoušek pro motorový pohon podle technických norem ČSN 60947 – 1 a ČSN 60947 – 2

V následující části se tato práce bude zabývat postupným rozdělením a sumarizací zkoušek, které jsou relevantní pro motorové pohony jističů nízkého napětí, tak aby splnily normy ČSN 60947 – 1 a ČSN 60947 – 2 a mohly být dle shody s těmito normami označovány.

3.4.1 Soulad s konstrukčními materiály

Jako soulad s konstrukčními požadavky se používají takové zkoušky, jež mají prověřit danou konstrukci a její materiály z hlediska bezpečnosti a požadavků příslušné normy. Tyto zkoušky specifikuje norma [11] a odvolává se na ní i norma [12].

Jsou dle [11] tedy:

- Materiály

- Zkoušky odolnosti proti nadměrnému teplu a ohni
 - Zkouška žhavou smyčkou na zařízení
 - Zkouška hořlavosti, vznícení horkým drátem a vznícení obloukem (na materiálech)
- Prověření stupně ochrany krytí
 - Blíže specifikuje norma IEC 60529
- Požadavky pro zařízení vhodná pro bezpečné odpojení
 - Prověření účinnosti indikace polohy hlavních kontaktů (signalizace na motorovém pohonu)
 - Zkouška dielektrických vlastností

3.4.2 Typové zkoušky

Typové zkoušky jsou specifikovány konkrétněji normou [12] s odkazy na [11]. Provádějí se v různých sledech, dle kategorie použití jističe, typu jističe. Pro kompaktní jistič, na kterém je motorový pohon přidělán, jsou důležité první 4 sledy zkoušek a kombinovaný sled. Jelikož je [12] norma určená pro jističe a nás zajímají zkoušky pro motorový pohon, musí být právě náš zkoušený motorový pohon na jističi přidělán, aby mohla být prověřena jeho funkčnost ve všech provozních stavech.

Jednotlivé sledy typových zkoušek podle [11] a [12]:

3.4.2.1 Sled 1 – Všeobecné provozní vlastnosti

- Dielektrické vlastnosti
 - Prověření impulzního výdržného napětí
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
- Mechanická funkce a provozuschopnost
 - Ověření mechanických funkcí a konstrukce
 - Provozuschopnost bez proudu
 - Provozuschopnost s proudem
- Činnost při přetížení
- Prověření elektrické pevnosti
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
 - Prověření svodového proudu (pro zařízení na bezpečné odpojení)
- Prověření oteplení
 - Měření teploty okolního vzduchu
 - Měření teploty části
 - Kontrola oteplení části
 - Oteplení hlavního obvodu

- Oteplení řídicích obvodů
- Oteplení pomocných obvodů
- Prověření polohy hlavních kontaktů

3.4.2.2 Sled 2 – Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost

- Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost
 - Sled operací O – t – CO – t – CO (pozn. Zapínání CO pomocí motorového pohonu)
- Provozoschopnost
 - Provozoschopnost s proudem
- Prověření elektrické pevnosti
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
 - Prověření svodového proudu (pro zařízení na bezpečné odpojení)
- Prověření oteplení
 - Měření teploty okolního vzduchu
 - Měření teploty části
 - Kontrola oteplení části
 - Oteplení hlavního obvodu
 - Oteplení řídicích obvodů
 - Oteplení pomocných obvodů

3.4.2.3 Sled 3 – Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost

- Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost
 - Sled operací O – t – CO (zapínání opět pomocí motorového pohonu)
- Prověření elektrické pevnosti
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
 - Prověření svodového proudu (pro zařízení na bezpečné odpojení)

3.4.2.4 Sled 4 – Jmenovitý krátkodobý výdržný proud

- Prověření schopnosti vést jmenovitý krátkodobý výdržný proud
- Prověření oteplení
 - Měření teploty okolního vzduchu
 - Měření teploty části
 - Kontrola oteplení části
 - Oteplení hlavního obvodu
 - Oteplení řídicích obvodů

- Oteplení pomocných obvodů
- Zkratová vypínací schopnost při maximálním krátkodobém výdržném proudu
 - Sled operací O – t – CO (zapínání s motorovým pohonem)
- Prověření elektrické pevnosti
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
 - Prověření svodového proudu (pro zařízení na bezpečné odpojení)

Dále norma [11] určuje další zkoušky jako typové, které se musí provádět před uvedením výrobku na trh.

3.4.2.5 Sled 6 – Kombinovaný zkušební sled

- Jmenovitý krátkodobý výdržný proud
- Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost
 - Sled operací O – t – CO – t – CO (pozn. Zapínání CO pomocí motorového pohonu)
- Provozní schopnost s proudem
- Prověření elektrické pevnosti
 - Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
 - Prověření svodového proudu (pro zařízení na bezpečné odpojení)
- Prověření oteplení
 - Měření teploty okolního vzduchu
 - Měření teploty části
 - Kontrola oteplení části
 - Oteplení hlavního obvodu
 - Oteplení řídicích obvodů
 - Oteplení pomocných obvodů

3.4.2.6 Trvanlivost

Zkoušky trvanlivosti (či také životnosti) prověřují počet spínacích cyklů zařízení. Jsou specifikovány v [11] a [12]:

- Zkouška mechanické trvanlivosti
- Zkouška elektrické trvanlivosti

3.4.2.7 Zkoušky pro zařízení s ochranným oddělením

Pokud je zařízení určeno k ochrannému oddělení musí se podrobit těmto zkouškám [11]:

- Elektrická pevnost
 - Prověření vzdušných vzdáleností a povrchových cest
 - Prověření impulsního výdržného napětí

- Prověření odolnosti pevné izolace při průmyslovém kmitočtu
- Prověření odolnosti při průmyslovém kmitočtu po zkouškách spínání a zkratových zkouškách
- Prověření svodového proudu
- Prověření konstrukčních opatření

3.4.2.8 Zkoušky EMC

Zkoušky na elektromagnetickou kompatibilitu zjišťují, zda je zařízení schopné pracovat správně v daném prostředí, kde má působit [11] [12].

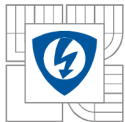
Podle [12] jsou požadované zkoušky:

- Odolnost
 - Zkouška elektrostatickými výboji
 - Zkouška vyzařováním vysokofrekvenčního pole
 - Elektrické rychlé přechodné jevy/skupiny impulsů
 - Zkouška rázy
 - Zkouška na odolnost proti rušení šířené vedením indukovanými vysokofrekvenčními poli
 - Poklesy a přerušení napětí
- Emise
 - Vysokofrekvenční rušení šířené vedením (150 kHz – 30 MHz)
 - Určeno základní normou CISPR 11
 - Vysokofrekvenční rušení šířené vyzařováním (30 MHz – 1000 MHz)
 - Základní norma CISPR 11

3.4.3 Výrobní kusové zkoušky

Provádějí se na každém vyrobeném výrobku pro účely zajištění základních funkcí [11] [12].

- Mechanická činnost
 - Zkoušky prověření mechanické činnosti ručního ovládání
 - Zkoušky prověření mechanické činnosti strojního ovládání
- Prověření vzdušných vzdáleností
- Elektrická pevnost
 - Impulsní výdržné napětí
 - Výdržné napětí průmyslového kmitočtu
 - Zkouška izolačního odporu



3.4.4 Speciální zkoušky

Speciální zkoušky určené normou [11] nejsou povinné pro splnění shody s touto normou. Jsou však potřebné pokud výrobek má být určen do nějakého jiného (horšího) prostředí. Tedy tyto zkoušky se odvíjejí od prostředí a jejich přesný sled a druhy určuje norma. Zde bude proveden sled a výčet zkoušek pro celkově nejnáročnější prostředí s obsahem všech zkoušek.

Každá zkouška je popsána konkrétněji v různé normě [11].

Nejnáročnější komplexní prostředí se zkouškami je dle [11]: „*Prostředí vystavené teplotě, vlhkosti, vibracím, rázům a slané mlze*“ [11].

- Prověření izolačního odporu před zkoušením a vizuální prohlídkou
- Zkouška vibracemi
- Zkouška rázy
- Prověření provozní schopnosti
- Zkouška suchým teplem
- Zkouška vlhkým teplem
- Regenerace
- Izolační odpor
- Zkouška při nízké teplotě
- Regenerace
- Izolační odpor
- Zkouška elektrické pevnosti
- Prověření provozní schopnosti
- Slaná mlha
- Izolační odpor
- Prověření provozní schopnosti
- Vizuální prohlídka

Každá z výše vyjmenovaných zkoušek se provádí za určitých podmínek, při určitých hodnotách a v přesně daném postupu. Tyto věci spolu s limitami (mezní hodnoty) jsou u každé zkoušky definovány a zařízení jim musí vyhovět, aby mohlo být certifikováno shodou s příslušnou normou.

4 VYPRACOVÁNÍ POSTUPŮ VYBRANÝCH ZKOUŠEK

V této kapitole detailně rozpracujeme požadované zkoušky podle [11] a [12]. Provedeme tedy tzv. Test plan zkoušky, konkrétněji půjde o některé speciální zkoušky uvedené v [11] (vlhké teplo, vibrace a rázy). Dále pak zkoušku na vyzařované emise motorového pohonu, která je součástí zkoušek na elektromagnetickou kompatibilitu určené pro motorový pohon jako příslušenství kompaktního jističe [11] [12].

4.1 Zkouška a měření vyzařovaných emisí

Zkoušky elektromagnetické kompatibility jsou nezávislé na zkouškách výše rozdělených a lze je tedy provádět mimo hlavní sledy zkoušek.

4.1.1 Podmínky zkoušky

Z důvodu pracovní činnosti motorového pohonu musí být pohon přidělán pro tuto zkoušku na jističi (ve vypnutém stavu) a být plně funkční. Pro každou zkoušku lze použít nové zařízení, jelikož se předpokládá konstrukční a technická stejnorodost a stejné emisní účinky [12].

Motorový pohon pro novou generaci kompaktních jističů firmy OEZ s r. o. je konstruován a vyráběn pro dvě napěťové hladiny (24 V – 60 V a 110 V – 230 V AC/DC), což znamená pro každou napěťovou hladinu zvlášť provést příslušnou zkoušku. Pro danou napěťovou hladinu musíme použít jeho jmenovitou hodnotu napětí a správně připojit napájení [4] [12].

Základní normy pro tyto zkoušky CISPR 11 a CISPR 22 určují dva druhy prostředí či třídu zařízení (A a B) a dvě skupiny (1 a 2), pro která je daný výrobek určen, a specifikují jim mezní hodnoty. Výrobce je povinen informovat zákazníka o třídě a skupině daného výrobku a to buď přímo na obalu, nebo v dokumentaci [11] [12] [16].

Rozdělení do tříd:

- Třída A
 - Použití v průmyslových oblastech, pro nízké napětí kromě domácností a obytných budov
 - Může způsobit EMC rušení, pokud je instalováno v prostředí B
 - V dokumentaci musí být uvedeno, že může způsobovat rušení, pokud se použije jinde než v prostředí A
- Třída B
 - Vhodné pro použití v domácnostech, na rozvodech nn pro obytné domy

Rozdělení do skupin:

- Skupina 1
 - Splňující normu [16] a nespádající do skupiny 2
- Skupina 2
 - Zařízení záměrně používající a vytvářející vysokofrekvenční energii, indukční nebo kapacitní vazbou, pro zpracování materiálů

Motorový pohon je dle výše zmíněných rozdělení ve **skupině 1 a třídě B**.

Základní norma [16] označuje zkoušené zařízení jako EUT.

Měřicí přístroje musí plnit požadavky dané normou CISPR 16 – 1 – 1 [16].

Umístění zařízení je dáno jeho používáním v praxi. Zařízení, která se používají na zemi, se měří na zemní rovině. Naopak ostatní zařízení jsou měřena na nekovovém stole ve výšce 0,8 m nad zemní rovinou [16].

4.1.2 Vysokofrekvenční rušení šířené vedením

Tato zkouška se provádí při rušivém kmitočtu 150 kHz až 30 MHz [11][12][16].

Limity pro rušení určuje tabulka 4. 1 [16]:

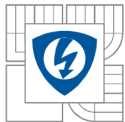
Tabulka 4. 1: Mezní hodnoty rušivých napětí na síťových svorkách pro zařízení třídy B skupiny 1 při měření na zkušebním stanovišti [16]

Kmitočtový rozsah MHz	Kvazivrcholová dB (μ V)	Střední dB (μ V)
0,15 – 0,50	66	56
	lineárně klesající s logaritmem kmitočtu na 56	lineárně klesající s logaritmem kmitočtu na 46
0,50 – 5	56	46
5 – 30	60	50

Na kmitočtu přechodu platí přísnější mezní hodnoty.
Zařízení musí splňovat obě meze.

Umělá síť se používá pro měření rušivého napětí do svorek napájecí sítě. Její odpovídající specifikaci určuje norma CISPR 16 – 1 – 2. Její použití je pro oddělení zkoušeného zařízení od okolního síťového rušení a vytvoření dostatečné impedance na svorkách napájení ($50 \Omega/50 \mu$ H) [16].

Pro připojení zařízení k síti je použito výše uvedené umělé sítě, jejíž nejbližší plocha je nejméně 0,8 m od okraje měřeného zařízení a je umístěna na nebo nad zemní kovovou rovinou. Napájecí šňůra o délce 1 m, v případě delší se musí uložit do svazku do délky 0,4 m. Upřednostňují se napájecí kabely, které specifikuje výrobce [16].



4.1.3 Vysokofrekvenční rušení šířené vyzářováním

Rušivý kmitočet měříme v pásmu 30 MHz až 1000 MHz [11][12][16].

Limity pro rušení určuje následující tabulka 4. 2 [16]:

Tabulka 4. 2: Mezní hodnoty rušivého elektromagnetického vyzářování pro zařízení třídy B, skupiny 1 při měření na zkušebním stanovišti [16]

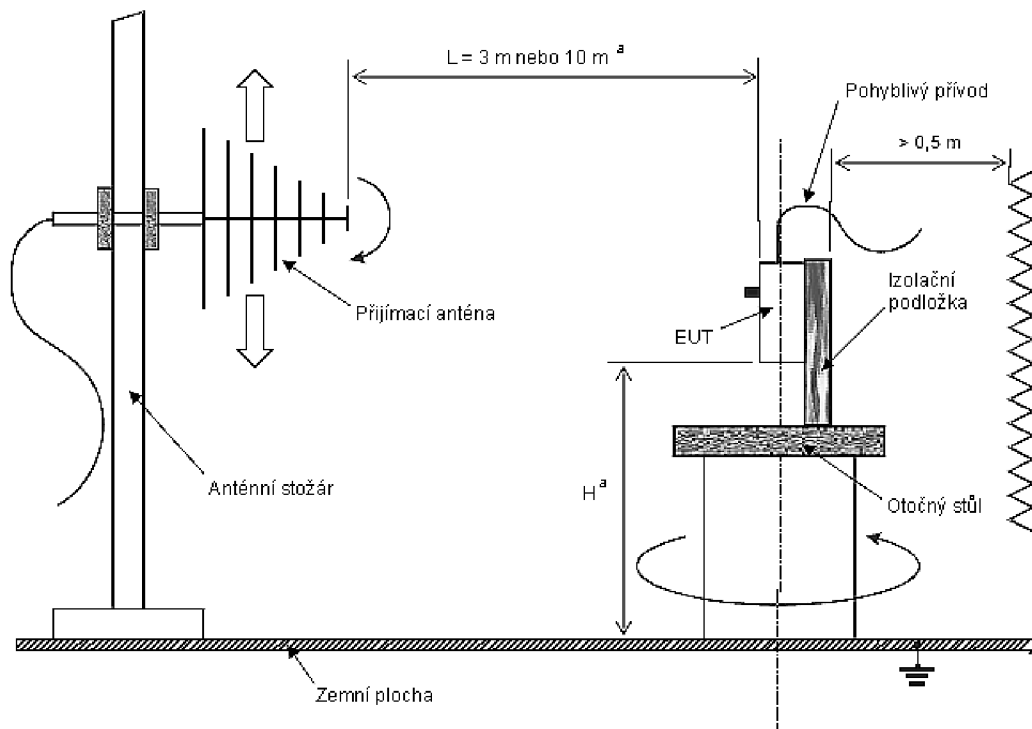
Kmitočtový rozsah MHz	Měřicí vzdálenost 10 m	Měřicí vzdálenost 3 m
	Kvazivrcholová dB (μ V/m)	Kvazivrcholová dB (μ V/m)
30 – 230	30	40
230 - 1000	37	47

Na kmitočtu přechodu platí přísnější mezní hodnoty.

Pro typovou zkoušku je třeba zjistit rušení okolí. To je provedeno měřením při neaktivním měřeném zařízení. Naměřené hodnoty rušení okolí musí být menší než 6 dB pod mezními hodnotami [16].

Anténa (se specifikací dle normy CISPR 16 – 1 – 4) musí být schopná provádět vertikální i horizontální polarizaci s nejnižším bodem alespoň 0,2 m nad zemí. Výška středu antény se pohybuje od 1 m do 4 m [16].

Následující obr. 4. 1 [12] ukazuje měřicí pracoviště při této zkoušce.



Obrázek 4. 1: Schématické zobrazení zkoušky emisí při vf rušení vyzařováním [12]

Index a u některých rozměrů specifikuje tyto rozměry dle požadavků [16].

Zkoušené zařízení musí být umístěno nejlépe v odizolované laboratoři (bez nadzemních vodičů a odrazějících předmětů), kde zkoušené zařízení a měřicí anténa jsou v ohniscích elipsy s hlavní osou rovnou dvojnásobku této vzdálenosti, a vedlejší o velikosti odmocniny ze tří této vzdálenosti. Při měřicí vzdálenosti 10 m musí být pod stolem s měřeným zařízením kovová zemní rovina, přesahující minimálně o 1 m hranu měřeného zařízení a také na druhé straně o 1 m přesahovat celou anténu [16].

Zařízení je umístěno na otočném stole, ve vzdálenosti 10 m (pokud to není technicky proveditelné, lze použít i vzdálenost 3 m s následným přepočtem hodnot). Při jednotlivých měřeních se stůl otáčí v přesně definovaných bodech (např. po 45°) a při jednom měření se musí otočit úplně, přičemž se měřicí anténa orientuje vertikálně, nebo horizontálně. Poté je anténa posunuta do vyšší pozice [16].

4.1.4 Posouzení vyhovění zařízení

Norma [16] určuje rozmezí zkoušených vzorků od 5 do 12 kusů téhož typu ze sériové výroby. Pro každé měření platí, že se musí zaznamenat nejvyšší hodnota rušivého elektromagnetického vyzařování. Zařízení vyhoví, pokud je splněn následující vztah (4. 1) [16].

$$\bar{X} + kS_n \leq L \quad (4. 1)$$

Kde	\bar{X}	aritmetická střední hodnota úrovní rušení n zařízení
	S_n	směrodatná odchylka vzorku
	L	připustná mez (výše uvedené tabulky)
	k	činitel necentrálního rozdělení (uveden v [16] dle počtu vzorků [-])

Všechny veličiny kromě činitele rozdělení jsou vyjádřeny logaritmicky (v dB), aby je bylo možno je jednoduše navzájem porovnat.

O vystaveném měření je zhotoven protokol, ve kterém jsou uvedeny všechny skutečnosti měření, měřené zařízení, podmínky měření, atd. Na základě tohoto protokolu lze vydat poté potvrzení o certifikaci daného zařízení na splnění elektromagnetické kompatibility z hlediska emisí (vyzařování) [16].

4.2 Zkouška vlhkým teplem cyklickým

Zkouška vlhkým teplem dle normy ČSN EN 60068 – 2 – 30 zkouší dané zařízení na odolnost proti zadaným klimatickým podmínkám podle různých stupňů přísnosti (tj. kombinace horní teploty spolu s počtem cyklů za sebou provedených [17]).

4.2.1 Podmínky zkoušky

K této zkoušce je využívána klimatická komora s nastavitelnými parametry. Komora zajišťuje v dále popsaném časovém horizontu dostatečné klimatické podmínky v komoře pro zkoušené zařízení, tj. teplotu a relativní vlhkost. Klimatická komora musí stabilizovat podmínky uvnitř, tedy aby v libovolném bodě byly co nejpodobnější podmínky, zvláště těsně u vhodně umístěných čidel a snímačů teploty a relativní vlhkosti [17].

Důležité pro komoru je zajištění odstínění vzorků od procesů zajišťujících klimatizaci komory (nesmějí být například ovlivňovány přímo sálavým teplem od ohřevu a přípravě podmínek v komoře). Další požadavky jsou kladeny na vodu, kterou se udržuje relativní vlhkost v komoře. Jde o její rezistivitu alespoň 500 Ωm a tato voda za stálého odvádění (po kondenzaci – nesmí dopadat přímo na vzorek) nesmí být znovu použita, pokud není předem přečištěna [17].

Vzorky a jejich příslušenství (vlastnosti, napájení, rozměry, ...) nesmějí mít znatelnější vliv na klimatické prostředí v komoře [17].

4.2.2 Průběh zkoušky

Norma [11] v příloze Q a norma [12] v příloze F určují pro motorový pohon jako příslušenství jističe stupeň přísnosti jako kombinaci horní teploty $55^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ s šesti cykly a variantou 1 pro snižování teploty.

Před začátkem zkoušky musí být vzorky prohlédnuty a prověřeny na funkčnost. Poté lze vzorky umístit do komory, výhradně nezabalené a připravené k použití dle specifikace výrobce (přípevněný motorový pohon na jističi za nominálního napájení a při stavu v pozici ON) [17].

Veškeré tolerance teploty již v sobě obsahují absolutní chybu a nejistota měření není uvažována. Pro požadované hodnoty relativní vlhkosti však je vhodné udržovat krátkodobé výkyvy teplot mezi dvěma body v rozmezí $\pm 0,5\text{ K}$ [17].

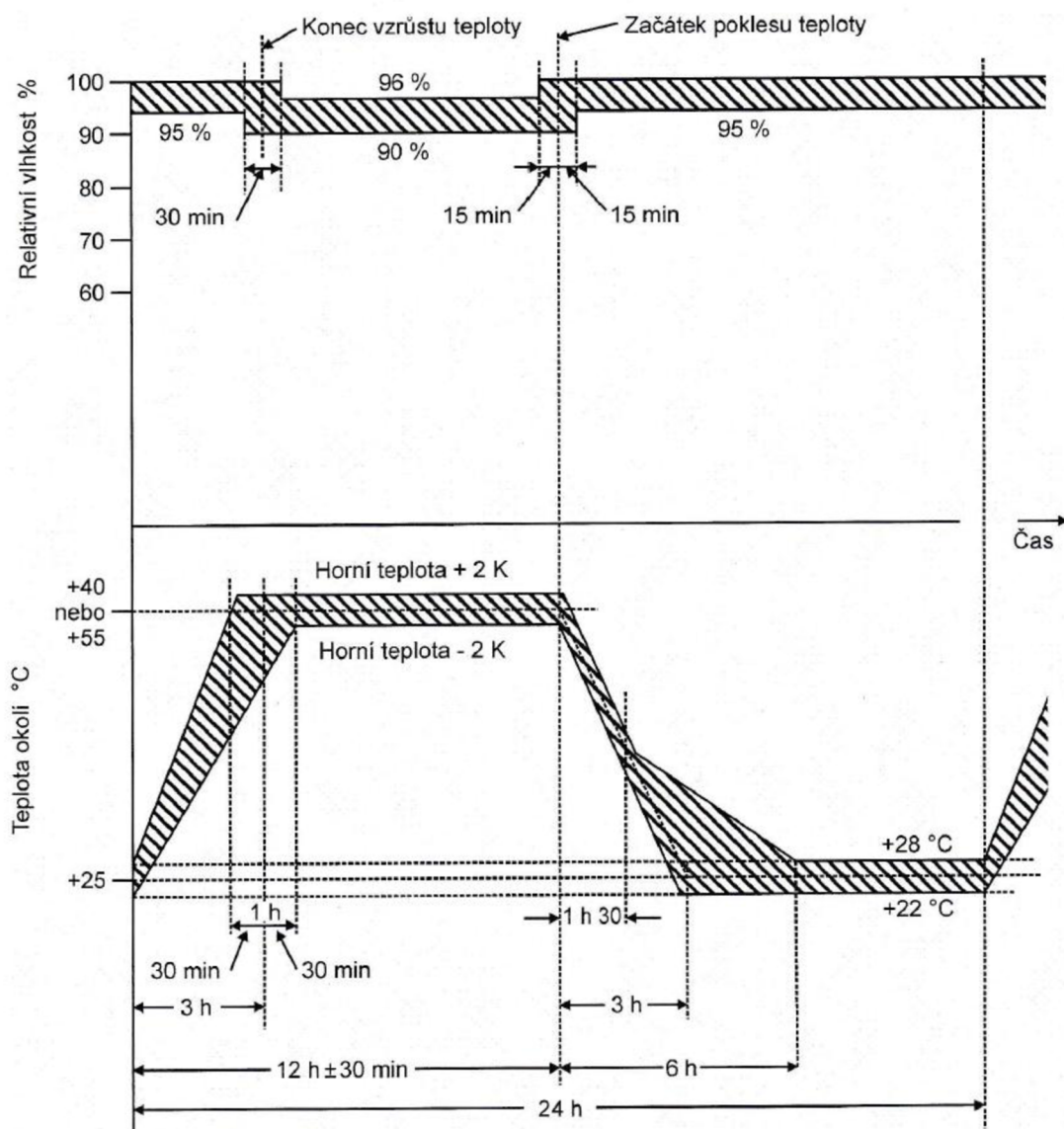
V první fázi se dosahuje teplotní rovnováhy vzorku. Jde o proces dosahování rovnováhy při teplotě $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ při normální relativní vlhkosti. Tohoto stavu lze dosáhnout vhodným nastavením klimatické komory, nebo přípravou v samostatné komoře. Po dosažení rovnováhy se přistupuje k vzrůstu relativní vlhkosti na $>95\%$ při teplotě rovnováhy, tj. $25^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ [17].

V tomto okamžiku začíná časový odečet 1 cyklu zkoušky. Druhá fáze začíná vzrůstem teploty na horní mez za dobu $3\text{ h} \pm 30\text{ min}$ s rychlostí danou obr. 4. 2. [17]. Během zvyšování

teploty musí být relativní vlhkost $>95\%$ s výjimkou posledních 15 minut, kdy vlhkost $>90\%$ [17].

Po skončení druhé fáze (dosažení horní teploty ve stanoveném čase) se udržuje teplota v úrovni horní teploty v mezích $\pm 2\text{ K}$ celkovou dobu od začátku druhé fáze ($12\text{ h} \pm 30\text{ min}$). Relativní vlhkost se udržuje v rozmezí $93\% \pm 3\%$ s výjimkami v prvních a posledních 15 min, kdy je rozmezí 90% až 100% [17].

Jak je uvedeno výše, pro motorový pohon je určena varianta 1 pro snižování teploty. Pro prvních 90 min je strmost poklesu dána tak, že by bylo dosaženo teploty $25^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ za $3\text{ h} \pm 15\text{ min}$. Posléze je již pokles určen pouze celkovým časem poklesu, tj. během 3 h až 6 h dojde k celkovému snížení teploty na $25^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$. A současně relativní vlhkost neklesne pod 95% s výjimkou v prvních 15 min, kdy je dovoleno 90% a více. V tomto stavu se pokračuje až do konce cyklu (tj. 24 h od začátku druhé fáze). Obr. 4. 2. [17] Přesně popisuje časový průběh zkoušky [11] [17].



Obrázek 4. 2: Časový průběh teploty a relativní vlhkosti během jednoho cyklu [17]

4.2.3 Po zkoušce

Během zkoušky lze provádět průběžná měření, pokud není zkouška ovlivněna, tj. pokud je k těmto měřením třeba vzorek aklimatizovat či vyjmout z komory, nelze takováto měření provádět [17].

Pro motorový pohon je požadována pouze aklimatizace po zkoušce za normálních klimatických podmínek, tabulka 4. 3. [11] [18].

Tabulka 4. 3: Parametry prostředí pro aklimatizaci vzorku za normálních klimatických podmínek

Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Tlak vzduchu [kPa]
15 - 35	30 - 90	86 – 106

Doba aklimatizace je 1 h až 2 h od okamžiku dosažení předepsaných podmínek (ve výše uvedeném případě prakticky okamžitě po vyndání z komory) [17] [18].

Konečná měření se provádějí dle požadavků normy [11], kdy je určeno, že po skončení regenerace (24 h v normálních podmínkách) se musí změřit izolační odpor. Toto měření je prováděno napětím $2xU_n$ až 500 V a minimální izolační odpor je stanoven na 1 M Ω [11].

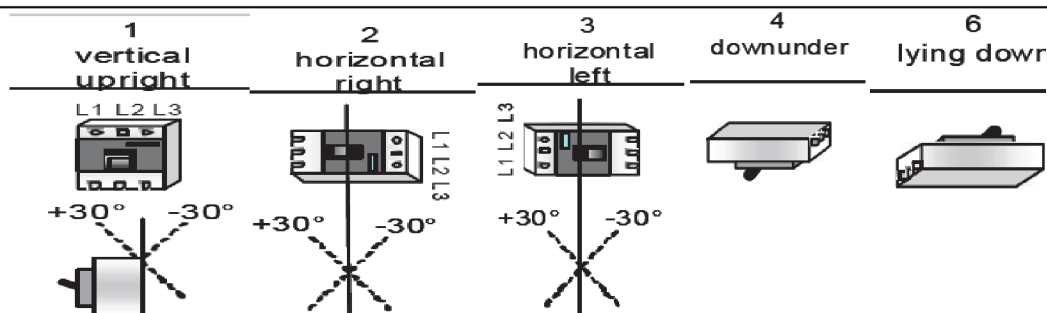
4.3 Zkouška vibracemi (sinusové)

Tato zkouška v sobě obsahuje dvě dílčí zkoušky, které jsou si velmi podobné a liší se pouze v nastavených parametrech. Jedna se o zkoušku vibracemi a hledání vibrační odezvy, tedy rezonance [11] [19] [20].

Než přistoupíme k rozpracování zkoušky vibracemi a posléze i rázy, je důležité připomenout, že pro tento typ zkoušek je třeba vzhledem k dostupným zkušebními zařízeními použít určité pomůcky či pomocné přípravky k provedení zkoušky.

V normě [19] a v produktovém listě [4] jsou uvedeny zásadní informace ke splnění požadavků pro montáž jističů s příslušenstvím pro jejich následné zkoušky. Pro tyto typy zkoušek se velmi často využívá tzv. tuhý zkušební přípravek. Jde o takovou pomocnou konstrukci, která má za účel pomoci s vykonáním zkoušek. Takovýto přípravek musí mít dostatečnou torzní tuhost, aby u něho nenastávaly nežádoucí rezonance v oblastech zkoušených frekvencí. Dále je k němu zkušební vzorek (či více vzorků) upevněno pomocí montážních bodů, které určuje výrobce na svých zkoušených výrobcích. Tyto montážní body musejí být řádně upevněny předepsaným krouticím momentem a správnou velikostí montážních šroubů. Zkušební přípravek je posléze pevně připevněn k vibračnímu (rázovému) generátoru [4] [19].

Požadované upevnění ve všech montážních polohách specifikuje výrobce. Tedy v [4] jsou uvedeny všechny montážní polohy pro jistič spolu s jeho příslušenstvím. Tyto polohy ukazuje obrázek 4. 3 [4]. Dále je důležité veškeré napájecí a řídicí kabely či přívody zapojit dle specifikace výrobce a jeho pokynů pro instalaci těchto přívodů [4] [19].



Obrázek 4. 3: Specifikované základní montážní polohy pro jistič a jeho příslušenství [4]

4.3.1 Podmínky

Základní obecné podmínky jsou zmíněny výše. Dále je důležité, aby motorový pohon byl nainstalován k jističi a spolu byly pomocí montážních bodů přichyceny ke zkušebnímu přípravku. Pro zkoušku sinusovými vibracemi musí být prozkoušeny všechny montážní polohy (viz. 4.3) a zároveň musejí být motorové pohony napájeny jmenovitými parametry po celou dobu zkoušky [11] [20].

Zkušební zařízení (vibrační generátor a jeho příslušenství) musí splňovat určité parametry pro provedení zkoušky. V první řadě je generátor dimenzován na určitou hmotnost, tedy je nutné dodržet maximální povolenou hmotnost zkoušených vzorků, včetně zkušebního přípravku. Dále musí být schopen vykonávat předepsané parametry (výchylka, zrychlení, frekvence) po danou dobu a v dostatečné přesnosti [20].

Dostatečná přesnost znamená, že řídicí signál (tj. signál od snímacích čidel umístěných na zkušebním přípravku) leží v určité toleranci od požadovaného výstupu v podobě výstupních parametrů generátoru. Norma [20] udává toleranci pro řídicí signál v referenčním bodě $\pm 15\%$ pro jednobodové řízení a $\pm 25\%$ v každém kontrolním bodě pro vícebodové řízení celé vibrační soustavy s frekvencí do 500 Hz [20].

Další důležitý parametr, který musí vibrační soustava splnit je tolerance kmitočtu v určitých kmitočtových hladinách. Pro přehlednost jsou uvedeny tolerance pro různé typy vibrací v následující tabulce 4.4 [20].

Tabulka 4. 4: Toleranční hodnoty kmitočtu pro vibrační zkoušky [20]

f [Hz]	Tolerance pro zkoušku s rozmítáním - exponenciální změna kmitočtu	Tolerance pro zkoušku na stálém kmitočtu	Tolerance pro zjišťování vibrační odezvy – rezonance
0,25 – 5	$\pm 20\%$	$\pm 2\%$	$\pm 10\%$
5 - 50	$\pm 1\text{ Hz}$		$\pm 0,5\text{ Hz do }100\text{ Hz}$
50 a více	$\pm 2\%$		

V tabulce zmíněné rozmítání je způsob zkoušky, kdy se projede celý rozsah kmitočtu od f_1 do f_2 a zase nazpět. Toto je jeden cyklus a příslušná specifikace výrobku stanoví počet cyklů a

celkovou dobu trvání. Růst (či naopak pokles) kmitočtu v daném rozsahu je dán exponenciální funkcí časové změny kmitočtu, rovnice 4. 2 [20].

$$\frac{f}{f_1} = e^{kt} \quad (4.2)$$

Kde	f	je kmitočet
	f ₁	dolní mez kmitočtu
	t	čas [min]
	k	činitel závislý na rychlosti změny

Norma [20] stanovuje rychlost změny na jednu oktávu za minutu tedy $k = \log 2 = 0,693$ [20].

4.3.2 Parametry zkoušky - vibrace

Zkouška sinusovými vibracemi se musí provádět na každém testovaném výrobku pro všechny montážní polohy (viz. 4.3) a to ve 3 navzájem kolmých osách. Během celé zkoušky musí být prokázány pracovní podmínky. Jde tedy o napájení motorového pohonu a nastavení spolu s jističem v pozici ON. Toto platí obecně pro vibrační a rázové zkoušky [11] [20].

Stupeň přísnosti je dán složením různých kombinací z různých možných dolních a horních kmitočtových, amplitudových mezí, počtem cyklů v používané zkoušce rozmítáním a meze zrychlení. Pro motorový pohon je stupeň přísnosti dán vnitřní normou používanou společností OEZ, s r. o. Jedná se o vnitřní normu SN 31205, která definuje následující parametry vybrané z normy [20]. Následující tabulka 4. 5 [20] [21] udává použité hodnoty parametrů sinusových vibrací [11] [20] [21].

Tabulka 4. 5: Požadované parametry pro zkoušku vibracemi rozmítáním [20][21]

Kmitočet [Hz]	Požadované parametry
1 – 6	Výchylka ± 15 mm
6 – 500	Zrychlení 20 m/s ²
Počet cyklů v každé ose je určen na 10 cyklů	

Na kmitočtu přechodu (6 Hz) je výchylka a zrychlení sobě odpovídající, tedy nenastane skok mezi těmito hodnotami při přechodu [20].

4.3.3 Parametry zkoušky – vyšetření vibrační odezvy (rezonance)

Provádějí se po zkoušce sinusových vibrací a rázů (vždy v každé ose) k vyhledání nejhorších kmitočtů pro daný testovaný vzorek. Pro lepší vyhodnocení a srovnání lze provést zkoušku hledání rezonancí i před sinusovými vibracemi a rázy, a posléze jí porovnat se zkouškou provedenou po zkouškách namáháním [20].

Tabulka 4. 6 [11] ukazuje parametry, které musí vibrační soustava zajistit pro zkoumání rezonančních kmitočtů. Je také nutné nezapomenout měřit kromě řídicího signálu ze zkušebního přípravku také signál pomocí čidla umístěného přímo na pohonu ve směru osy pohybu. Díky těmto signálům lze posléze odhalit rezonanční kritické kmitočty [11] [20] [21].

Tabulka 4. 6: Stanovené parametry pro hledání rezonancí u Motorového pohonu [11]

Kmitočet [Hz]	Požadované parametry
$2^{+3} - 13,2$	Výchylka ± 1 mm
13,2 – 100	Zrychlení $\pm 0,7$ g
Norma [20] stanovuje referenční hodnotu zrychlení jako 10 m/s^2	

Vyšetření vibrační odezvy se provede dle uvedených parametrů. Projde se celý kmitočtový rozsah (lze i od horního kmitočtu ke spodnímu) s danými parametry a vyhodnocuje se míra a síla rezonančních odezev na rozsahu kmitočtů. Za rezonanční kmitočet je považován takový, při kterém je zesilovací činitel větší než 2. Pokud je vyšší než 5, pak by již takové zařízení nemělo vyhovovat [11] [20].

Může nastat několik případů [11] [21]:

1. Po vyšetření celého kmitočtového rozsahu není nalezena žádná rezonance. Poté je určeno vibrovat na kmitočtu 30 Hz po dobu 90 minut s parametry dle tabulky 4. 6.
2. Na každém nalezeném rezonančním kmitočtu (činitel zesílení $Q > 2$) je požadována zkouška na daném trvalém kmitočtu po dobu 90 minut při parametrech určených pro daný kmitočet (viz. Tabulka 4. 6).
3. V případech zjištění nejasného rezonančního kmitočtu (různé propady kmitočtu, více kritických kmitočtů velmi blízko sebe) je použito tzv. rozkmitání kritických kmitočtů. Jde o rozkmitání v rozmezí 0,8 až 1,2 násobku zjištěného kritického kmitočtu po dobu 120 minut při 0,7 g.

4.3.4 Kontrola a výsledky zkoušky

Výsledek zkoušky je interpretován, jako rozhodnutí o tom zda výrobek splnil zkoušku dle normy ČSN EN 60068 – 2 – 6 či nikoliv. Avšak toto rozhodnutí je dáno až po vyhodnocení zkoušky, kdy je prováděna počáteční, průběžná a konečná kontrola. Tato kontrola spočívá ve vyzkoušení funkčnosti (ovládání jističe), kontroly mechanických částí (zvláště adaptéru na jističi pro připevnění čelního motorového pohonu), upevnění a správné signalizaci motorového pohonu [11] [20].

Průběžná kontrola má být prováděna vždy po odzkoušení jedné osy či po dokončení jednoho typu zkoušky (např. po vibracích před rázy, po rázech před hledáním rezonancí atd.). Pokud jsou všechny dílčí kontroly vyhodnoceny tak, že výrobek splnil zadaná kritéria, je možné poté vyhodnotit celou zkoušku kladně [11] [20] [21].

4.4 Zkouška rázy

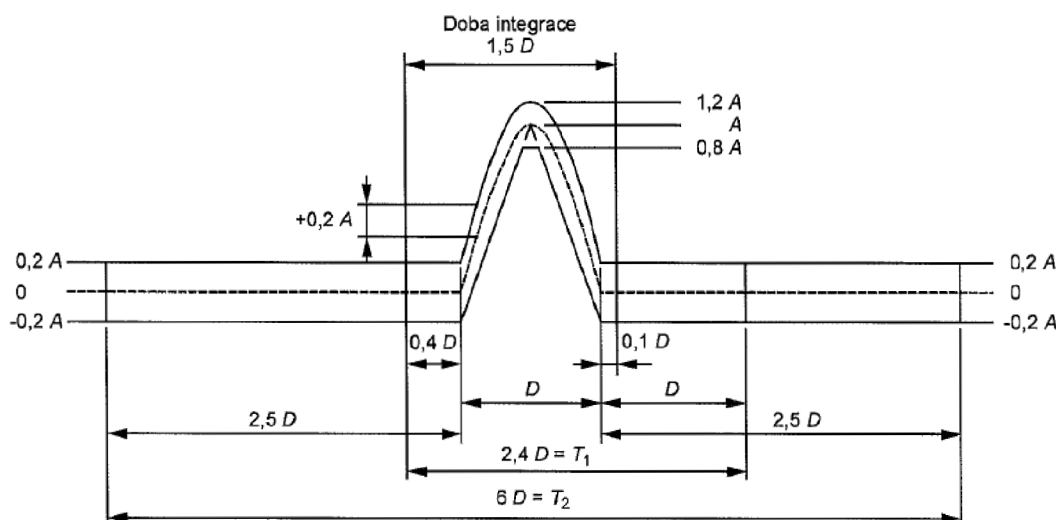
Jelikož zkouška rázy se provádí současně se zkouškou vibrací a jedná se o velmi podobnou zkoušku vlivů prostředí, jsou všechny podmínky zkoušky stejné jako pro zkoušku sinusovými vibracemi (viz. 4. 3). Tedy opět připevnění výrobků na zkušební přípravek ve všech montážních polohách při jmenovitém napájení a motorový pohon spolu s jističem v pozici ON. Zkouší se ve třech navzájem kolmých osách [4] [11] [19] [21] [22].

4.4.1 Průběh zkoušky

Norma [11] určuje pro motorový pohon následující parametry rázů:

- Tvar pulsu je půlsinusový
- Počet rázů – tři kladné a tři záporné v každé ze tří navzájem kolmých os
- Doba trvání jednoho pulsu – $D = 11$ ms
- Špičkové zrychlení – $A = 150$ m/s²

Obrázek 4. 4 přesně popisuje tvar půlsinusového pulsu s vyznačenými mezemi tolerance podle [22].



Vysvětlivky (použitelné pro všechny tři obrázky 1 až 3)

- jmenovitý pulz
- toleranční meze

D = doba trvání jmenovitého pulzu

A = špičkové zrychlení jmenovitého pulzu

T_1 = minimální doba, během níž musí být pulz monitorován u rázů vytvářených konvenčním zařízením pro zkoušku rázy

T_2 = minimální doba, během níž musí být pulz monitorován u rázů vytvářených pomocí generátoru vibrací

Obrázek 4. 4: Tvar pulsu a toleranční meze půlsinusového rázu [22]

4.4.2 Výstupy zkoušky

Kontrola před a po rázech (i mezi kladnými a zápornými) je stejná jako v případě sinusových vibrací (viz. 4. 3. 4). Zvláště je důležité se zaměřit na mechanické části, jako jsou nalomené adaptéry či úchyty motorového pohonu. Zkouška rázy zjišťuje celkovou celistvost výrobku při nepříznivých vlivech okolí a její výsledky dávají celkový obraz o odolnosti či schopnosti daného výrobku/zařízení [21] [22].

5 VÝSLEDKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

V této kapitole je uveden souhrn provedených zkoušek na motorovém pohonu, které jsem provedl či u kterých jsem byl přítomen. Ke každé zkoušce jsou uvedeny pouze nezbytně nutné informace (místo a datum konání, hrubý popis zkoušky a konečný výsledek zkoušky) z důvodu ochrany informací týkajících se výrobků společnosti OEZ.

5.1 Emise motorového pohonu

K měření emisí motorového pohonu je potřeba specializovaná laboratoř. Takovouto laboratoř disponuje Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity v Plzni. Měření bylo prováděno v této laboratoři v září 2014, kde jsem byl přítomen u zkoušky a prováděl jsem montáž zkoušeného zařízení.

5.1.1 Vysokofrekvenční rušení šířené vedením (150 kHz – 30 MHz)

Provedená zkouška ve výše uvedené laboratoři vyhověla mezním hodnotám uvedeným v tabulce 4. 1. pro zařízení třídy B skupiny 1. Vyzařování do svorek bylo měřeno za pomoci umělé sítě a při zapojení dle požadavků normy [16] (viz. 4. 1. 2).

5.1.2 Vysokofrekvenční rušení šířené vyzařováním (30 MHz – 1000 MHz)

Nejprve bylo provedeno měření rušení okolí, což díky vybavení a konstrukci laboratoře splnilo své mezní hodnoty.

Měřicí zařízení (anténa) bylo umístěno 3 m od zkoušeného vzorku a měřilo rušení způsobené vyzařováním ze vzorku při jmenovitém napájení. Měřicí anténou bylo vyzařované rušení postupně měřeno pro horizontální i vertikální polarizaci, a to od výšky 1 m do 4 m při stále se otáčejícím stole s umístěným vzorkem.

Pro některé hodnoty blízké se horním mezním limitům bylo provedeno ještě jedno opakované měření pro ujištění se o korektnosti výsledků. Dle mezních hodnot z tabulky 4. 2 bylo zkoušené zařízení vyhodnoceno jako splňující požadavky normy [16].

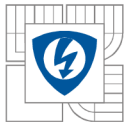
5.2 Vlhké teplo cyklické

Zkouška vlhkým teplem cyklickým byla provedena v laboratoři společnosti OEZ, s r. o. Její výsledek je uveden v příloze 2 v podobě zpracovaného protokolu z měření, která jsem provedl na motorovém pohonu po zkoušce.

5.3 Sinusové vibrace

Zkoušky dle norem [20] a [22], tedy sinusové vibrace a posléze i rázy (viz. 5. 4) jsou prováděny ve spolupráci s FEKT VUT v Brně. Zkoušené výrobky jsou testovány v laboratoři ZL1 CVVOZE na ústavu automatizace. U těchto zkoušek jsem byl přítomen a prováděl dohled a montáž ze strany zákazníka (OEZ).

V této laboratoři byla ve dnech 26. 1. až 28. 1. 2015 provedena zkouška vibracemi. Na montážním přípravku bylo namontováno 8 jističů spolu s motorovými pohony a případným dalším příslušenstvím. Všechny byly během zkoušky napájeny nominálními parametry a byly v pozici ON.



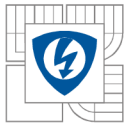
Zkouška byla vykonána ve třech navzájem kolmých rovinách a zkoušené vzorky se nacházely na zkušebním přípravku ve všech svých montážních polohách. Použité parametry pro zkoušku vibracemi ukazuje tabulka 4. 5. S těmito hodnotami (výchylka a zrychlení pro určený kmitočtový rozsah) bylo provedeno 10 cyklů.

Po zkoušce vibrací v každé ose následovala vizuální prohlídka a prověření funkčnosti každého vzorku. Výsledky v každé ose a pro všechny vzorky byly vyhodnoceny kladně. Na žádném vzorku nebyla zjištěna mechanická či elektrická závada a všechny vzorky byly plně funkční. Motorový pohon tedy splnil zkoušky dle normy [20].

5.4 Rázy

Zkouška rázy dle [22] byla provedena spolu se zkouškou vibrací na stejném pracovišti VUT v Brně (viz. 5. 3). Po každé zkoušce vibrací (tj. tři vzájemně kolmé osy) a následné kontrole byly provedeny rázy. Tři kladné a tři záporné půlsinusové pulsy se zrychlením 150 m/s^2 a šířkou pulsu 11 ms.

Po každých třech pulsech (kladné či záporné) byla provedena zkouška funkčnosti všech vzorků a vizuální prohlídka. Prohlídka u žádného vzorku neodhalila závadu či nesplnění funkce, a proto byl motorový pohon vyhodnocen jako splňující normu [22].



6 ZÁVĚR

Hlavní cíl této bakalářské práce je tedy pro firmu OEZ provést sumarizaci, zařazení a vypracování jednotlivých zkoušek pro zjednodušení celkového průběhu zkušebního procesu.

Práce v první řadě přiblížila konstrukci motorového pohonu, a to jak z obecného hlediska pro laickou veřejnost, tak posléze i detailněji seznamuje s jeho konstrukcí, použitím a nastiňuje problematiku uvedení takového výrobku na trh.

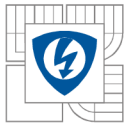
Bylo provedeno rozpracování konstrukčního návrhu pro motorový pohon, seznámení se s jednotlivými postupy při návrhu motorového pohonu a postupným přesunem k hlavní části této práce – zkouškám.

Tato problematika zkoušek byla nejprve přiblížena a vysvětlena, a to jak z pohledu zákona, tak poté i z pohledu výrobce a zákazníka. Speciálně pro motorový pohon byl vypracován seznam relevantních zkoušek a zákonných požadavků (příloha 1). Tento seznam byl vypracován na základě platného zákona č. 22/1997 Sb. a zadaných norem ČSN 60947 – 1 a ČSN 60947 - 2, aby mohl být motorový pohon řádně uveden na trh. Vypracovaný seznam zkoušek (příloha 1) je přehledně rozdělen do jednotlivých skupin zkoušek a v určitých sledech, tak jak to normy ukládají za povinnost.

V předposlední části práce byly vypracovány podrobné průběhy vybraných zkoušek, konkrétněji zkoušky vyzařovaných emisí motorového pohonu, jež jsou součástí zkoušek elektromagnetické kompatibility. Dále zkoušky vlivů prostředí – vibrace, rázy a vlhké teplo. Ze zkoušky vlhkým teplem byl vypracován ukázkový zkušební protokol (příloha 2). Podle těchto plánů zkoušek mohou být zkoušeny motorové pohony, bez nutnosti časově náročného a složitého vyhledávání konkrétního postupu v jednotlivých normách.

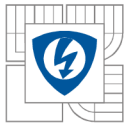
Poslední kapitola sumarizuje výsledky provedených zkoušek spolu s příslušnými laboratořemi, ve kterých byly jednotlivé zkoušky provedeny. Vzhledem k údajům o zkoušených výrobcích firmy OEZ využívaným při těchto zkouškách, jsou interpretovány pouze základní informace o provedených zkouškách (laboratoř, postup zkoušení, datum a místo konání, konečný výsledek zkoušky).

V návazné diplomové práci lze toto téma rozšířit na další zkoušky, tj. zkoušky pro lodní zařízení (námořní normy) a pro americký trh (UL normy). S využitím podkladů z této práce by bylo vhodné ke každé jednotlivé zkoušce vypracovat příslušný postup zkoušky, kde by výsledný seznam všech nutných zkoušek obsahoval již kompletní rozdělení spolu s postupy k jednotlivým zkouškám. A posléze by se stal oporou při návrhu nových výrobků či podstatné zjednodušení pro zkoušení nových a stávajících výrobků.



LITERATURA

- [1.] HYNEK, Jiří. Jističe Modeion s motorovými pohony - další prvek pro automatizaci jištění. *FCC Public: Elektro* [online]. 2008 [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36639
- [2.] SIEMENS AG. *3VA Molded Case Circuit Breakers*. Regensburg (Německo), 2014. Dostupné z: https://www.lowvoltage.siemens.com/infocenter/doc/04_pi_3VAMoldedCaseCircuitBreakers_EN_3152.pdf
- [3.] AUGUSTA, Lubomír. Pohony jističů Modeion BD250N, BD250S, BH630N a BH630S. *Odborné časopisy - Pohony jističů Modeion BD250N, BD250S, BH630N a BH630S* [online]. 2002, č. 5 [cit. 2014-11-08]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25035
- [4.] SIEMENS AG. *SENTRON: 3VA Molded Case Circuit Breakers - manual*. Regensburg (Německo), 2014. Dostupné z: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&objid=54137334&treeLang=en>
- [5.] OEZ S.R.O. *Kompaktní jističe BD250N-katalog, BD250S*. Letohrad, [2013]. Dostupné z: http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/2056-z01-13_cz_sk.pdf
- [6.] AUGUSTA, Lubomír. Řešení automatického záskoku. *Odborné časopisy - Řešení automatického záskoku* [online]. 2005, č. 10 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26479
- [7.] SIEMENS AG. *Technical specification: ST160*. Amberg, 2010.
- [8.] SIEMENS AG. *Technical specification: MO Front*. Letohrad, 2014.
- [9.] HAVELKA, Otto, Dalibor SVOBODA a Zdeněk VÁVRA. *Podklady a příklady pro navrhování elektrických přístrojů I*. 1. vyd. Brno: VUT, 1985, 188 s.
- [10.] Česká republika. Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In: 1997. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 1997, č. 22, částka 6. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=1997&typeLaw=zakon&what=Rok&stranka=12>
- [11.] ČSN EN 60947 - 1. *Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení*. ed. 4. Brno: Český normalizační institut, 2007.
- [12.] ČSN EN 60947 - 2. *Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí - Část 2: Jističe*. ed. 3. Brno: Český normalizační institut, 2006.
- [13.] Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí. In: 2003. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 2003, č. 17, částka 9. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/seznam-narizeni-vlady-k-provedeni-zakona-c-22-1997-sb--c574>
- [14.] Nařízení vlády o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility. In: 2006. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 2006, č. 616,



částka 191. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/seznam-narizeni-vlady-k-provedeni-zakona-c-22-1997-sb--c574>

[15.] Nařízení vlády o omezení používání některých nebezpečných látek v elektrických a elektronických zařízeních. In: 2012. Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 2012, č. 481, částka 183. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/seznam-narizeni-vlady-k-provedeni-zakona-c-22-1997-sb--c574>

[16.] ČSN EN 55011. *Průmyslová, vědecká a lékařská zařízení - Charakteristiky vysokofrekvenčního rušení: Meze a metody měření*. ed. 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[17.] ČSN EN 60068 - 2 - 30: *Zkoušení vlivů prostředí - Část 2 - 30: Zkouška Db: Vlhké teplo cyklické (cyklus 12 h + 12 h)*. Ed. 2. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.

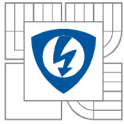
[18.] IEC 60068 - 1. *Environmental testing: General and guidance*. 2013. Ed. 7. Muenchen: Copyright, licence to SIEMENS AG.

[19.] ČSN EN 60068 - 2 - 47. *Zkoušení vlivů prostředí - Část 2 - 47: Zkoušky - Upevnění vzorků pro zkoušky vibracemi, nárazy a obdobné dynamické zkoušky*. 2006. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut.

[20.] ČSN EN 60068 - 2 - 6. *Zkoušení vlivů prostředí - Část 2 - 6: Zkoušky - Zkouška Fc: Vibrace (sinusové)*. 2008. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut.

[21.] SN 31205. *Ambient conditions*. 2008. Ed. 1. Amberg: Siemens AG.

[22.] ČSN EN 60068 - 2 - 27. *Zkoušení vlivů prostředí - Část 2 - 27: Zkoušky - Zkouška Ea a návod: Rázy*. 2010. Ed. 2. Praha: Český normalizační institut.



PŘÍLOHY

- CD 1 ks → 1. Seznam zkoušek a konstrukčních požadavků pro motorový pohon
2. Zkušební protokol ze zkoušky vlhkým teplem