

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Aspekty čištění vinutí elektrických točivých strojů

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel KALKUŠ**
Osobní číslo: **E11N0018P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Aspekty čištění vinutí elektrických točivých strojů**
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

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


1. Uveďte příčiny provozního znečištění vinutí elektrických točivých strojů, druhy znečištění a jejich projevy
2. Na základě provedeného rozboru možností a stupně znečištění vinutí uveďte způsoby a metody používané k odstranění nečistot, používané čisticí prostředky
3. Proveďte rozbor možností vlivů působení čisticích prostředků na vlastnosti izolačních systémů elektrických strojů
4. Navrhněte pracoviště na čištění elektrických strojů, technologické postupy čištění a následnou diagnostiku stavu strojů

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

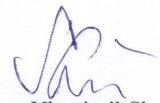
1. Mentlík, V.: Dielektrické prvky a systémy, BEN Praha 2006
2. Mentlík, V. et al: Diagnostika elektrických zařízení, BEN Praha 2008
3. Mentlík, V. et al: Spolehlivostní aspekty elektrotechnologie, BEN Praha 2011

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Václav Mentlík, CSc.**
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


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




Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Tato práce se zabývá vlivy čištění na stav izolace elektrických točivých strojů. Je zde uveden přehled používaných metod čištění a jejich nepříznivé a příznivé účinky na izolaci těchto elektrických strojů. Dále se práce zabývá diagnostickým centrem, kde je zaměřena na to jak by mělo být pracoviště uspořádané a co všechno by mělo obsahovat.

Klíčová slova

Příčiny znečištění, metody čištění, elektrické točivé stroje, diagnostické centrum, vlastnosti izolačních systémů

Abstract

This work deals with the effects on the cleaning condition of the insulation of electrical rotating machines. An overview of the cleaning methods is used to compare their negative and positive effects on the insulation of electrical machines. Besides, the diagnostic center, where it is focused on how work should be organized and what it should contain.

Key words

Causes pollution, cleaning methods, electric rotary machines, diagnostic center, the properties of insulation systems

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 6.5.2013

Podpis autora, Pavel Kalkuš

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce, panu Prof. Ing. Václavu Mentlíkovi, CSc. za jeho cenné připomínky, domluvení exkurze v Brně a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále děkuji panu Petrovi Jahnovi ze společnosti MOTIP DUPLI s.r.o. divize průmysl NICRO za poskytnuté technické listy a velmi cenné informace k tomuto tématu. Poděkování také patří panu Jakubu Krejčímu ze společnosti LARS Chemie za poslání fotografií a poskytnutí informací o čištění generátorů na Orlíku v roce 2002. V poslední řadě bych rád poděkoval společnosti 1. Servis Energo s.r.o. a společnosti Vermax spol. s r.o.

Obsah

Anotace	1
Klíčová slova.....	1
Abstract.....	2
Key words.....	2
Prohlášení	3
Poděkování.....	4
1. Úvod	7
2. Aspekty čištění elektrických točivých strojů	8
2.1. Příčiny znečištění elektrických strojů	8
2.2. Měření povrchového odporu.....	10
2.3. Měření izolačního odporu.....	13
3. Metody čištění elektrických točivých strojů	14
3.1. Metody čištění elektrických točivých strojů SUCHOU cestou	14
3.1.1. Mechanické čištění	14
3.1.2. Čištění stlačeným vzduchem	14
3.1.3. Čištění suchým ledem	15
3.2. Metody čištění elektrických točivých strojů MOKROU cestou	16
3.2.1. Ostřikováním vodou pod vysokým tlakem.....	16
3.2.2. CT Technologie	17
3.2.3. Technologický postup při čištění generátoru, Orlík, 2002	20
3.2.4. Ultrazvuková metoda.....	22
3.3. Čištění elektrických točivých strojů tramvajových a trolejbusových souprav Dopravních podniků města Brna	26
4. Návrh diagnostického centra.....	32

4.1.	Diagnostika malých a středních točivých strojů.....	32
4.2.	Diagnostika velkých točivých strojů	34
4.3.	Návrh čistícího a diagnostického centra.....	35
5.	Závěr.....	39
	Seznam použité a citované literatury	41
	Přílohy:	42
1.	Čistící přípravek NICRO 1002.....	I
2.	Čistící přípravek NICRO 1038.....	IV
3.	Čistící přípravek NICRO 1065.....	VII
4.	Čistící přípravek NICRO 1066.....	X

1. Úvod

Elektrické točivé stroje jsou dnes nedílnou součástí veškeré průmyslové, ale i neprůmyslové výroby. Prakticky se s nimi můžeme setkat kdekoliv, kam se dostala pomyslná ruka civilizace. Z tohoto faktu vyplývá, že musí být na tyto stroje i zpětný vliv od prostředí, kde se právě nacházejí. U každého elektrického točivého stroje dochází postupem času ke znečištění funkční části zařízení. To, jak moc dochází ke znečištění a jak rychle, samozřejmě záleží na místě provozu elektrického točivého stroje a typu elektrického stroje.

U elektrických zařízení, která se používají v provozu, je velmi významným aspektem jejich bezporuchového provozu včasná údržba spojená s vhodným čistícím procesem. Tento čistící proces je nutné posoudit dle technického a ekonomického hlediska. Od této problematiky jsou také odvozeny cíle této práce.

Prvním cílem této práce je sepsat různé příčiny a vlivy znečištění, které působí na elektrické točivé stroje. Dále tato práce má charakterizovat různé metody čištění a popsat jejich výhody, nevýhody a problematiku řešení jednotlivých metod. Posledním cílem této práce je návrh diagnostického centra pro čištění a diagnostiku elektrických točivých strojů.

Jeden z důvodů vzniku této práce byla absence veřejně přístupné literatury, která by se zabývala touto problematikou.

2. Aspekty čištění elektrických točivých strojů

2.1. Příčiny znečištění elektrických strojů

Elektrické točivé stroje nejsou znečištěné pouze vně stroje, ale většinou z důvodu, že jsou chlazeny např. vzduchem, dochází ke znečištění stroje i uvnitř stroje samotného. Tato forma znečištění je způsobena přítomností cizích látek. Například znečištění prachem, pilinami, pískem, kovovými třískami atd. Jakožto každý pohyblivý stroj, tak i elektrický točivý stroj většinou obsahuje olejové hospodářství. Díky tomu dochází k největšímu usazování cizích částecí právě na místa, kde se nacházejí zbytky oleje.



Obr. 1: Ukázka znečištění rotoru elektrického točivého stroje

Cizí částecí s kombinací oleje vytvářejí lepkavou látku, která stroj postupně zanáší a to může způsobit selhání a poruchu stroje. Jako další významný zdroj znečištění je uhlíkový prach z uhlíkových kartáčů komutátorů.

Krom olejového systému, je další ideální prostředek pro zachytávání nečistot elektrický náboj, který se samozřejmě ve stroji vyskytuje. Na částech nečistot, které jsou opačně polarizovány, než jednotlivé části stroje, působí přitažlivá síla, a proto se snadněji usazují na povrchu stroje. Tento princip se vyskytuje například u komínového elektrostatického odlučovače, a na strojích vznikají bílé povlaky, které mohou mít nežádoucí účinky na povrchový odpor.

Znečištění může způsobit poruchu nejčastěji dvěma způsoby. První způsob je, že nános nečistot zapříčiní přehřátí elektrického stroje. V tomto případě nemusí dojít přímo ke zničení stroje, pokud stroj obsahuje nějaké bezpečnostní opatření (teplotní čidla) pro kontrolu teploty stroje, ale neúměrné zahřívání systému zkracuje životnost elektrického stroje. Další nepříjemný problém může vzniknout u strojů s permanentními magnety, kde hrozí odmagnetování při překročení Curieovy teploty. U tohoto způsobu poruchy je také nutné počítat s přítomností hořlavého prachu, kdy by mohlo dojít ke vzplanutí. Druhý způsob poruchy je izolačního charakteru a jedná se o způsob, kdy vlivem částec, snížení povrchového odporu, může dojít k přeskoku mezi vodivými částmi stroje a tím dojde ke zničení vinutí. Jakmile jednou k přeskoku dojde, tak po něm zůstane vodivá cesta, která zapříčiní znehodnocení izolace a je nutné poškozenou část vyměnit. Oprava takto poškozeného stroje může být velmi obtížná a i finančně nákladná.



Obr. 2: Ukázka znečištění ve vzduchovém chladicím systému

Znečištění je také překážkou při revizních opravách a servisech, kdy tyto částičky nečistot musí být odstraněny nejen z důvodu, aby nezpůsobily výše uvedené poruchy, ale také, aby bylo možné provést diagnostická měření o současném stavu stroje.

Mezi nejméně znečištěné stroje se řadí elektrické stroje s vodíkovým chlazením, protože jsou nejlépe těsněné a mají vlastní uzavřený chladicí systém, do kterého se obtížně dostávají nečistoty. Navzdory těmto opatřením je důležité zmínit, že i přes sebelepší utěsnění stroje dochází k jeho vnitřnímu znečištění, protože se stále jedná o točivý stroj, z kterého je výstupem/vstupem otáčející se hřídel. Proto není zcela možné docílit dokonalého utěsnění v okolí pohybující se hřídele.



Obr. 3: Ukázka znečištěného statoru motoru

2.2. Měření povrchového odporu

Mezi nejvíce ovlivněný parametr, který může znečištění ovlivnit a zároveň související s izolačním systémem, patří povrchový odpor. Na povrchu izolačního systému se usadí vodivé nečistoty, které mohou vytvořit souvislé cesty s nižším elektrickým odporem, než má izolační systém, neboli může dojít ke snížení povrchového odporu. Při tomto snížení může dojít k vytvoření přeskoků mezi vodivými částmi stroje a tím i k nezvratnému poškození elektrického stroje. Tzv. Ke smrti stroje.

V případě pevných izolantů, které jsou použity ve vinutí elektrického točivého stroje, se kromě vnitřních vlastností izolačních vlastností uplatňuje i povrchová elektrická vodivost. [2]

Měrná povrchová elektrická vodivost je definována na základě proudu tekoucího po povrchu izolantu I_p a intenzity elektrického pole E následujícím vztahem:

$$\gamma_p = \frac{I_p}{E} \quad (1)$$

Kde I_p je tekoucí proud po povrchu izolantu, připadající na jednotu délky elektrody.

Za předpokladu prostorového uspořádání znázorněného na obr. 4, lze definiční vztah (1) dále upravit:

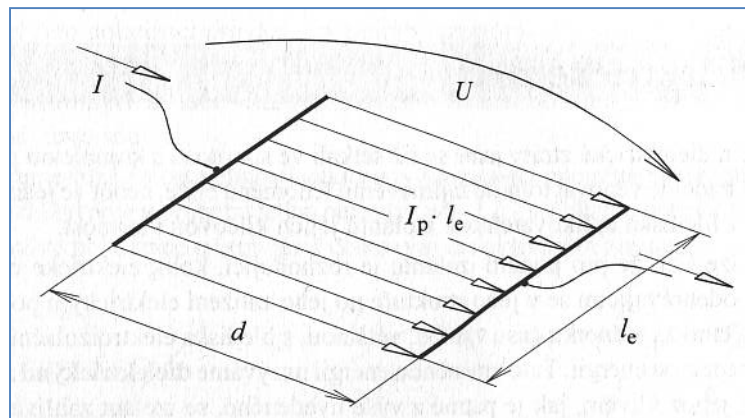
$$\gamma_p = \frac{I}{l_e} \cdot \frac{d}{U} = \frac{I}{U} \cdot \frac{d}{l_e} \quad (2)$$

kde I je celkový proud tekoucí po povrchu izolantu [A]

U je napětí na elektrodách [V]

d je jejich vzdálenost [m]

l_e je délka elektrod na povrchu izolantu [m]



Obr. 4: Proud tekoucí po povrchu izolantu, převzato z [2]

Dále ze vztahu (2) vyplývá, že i povrchovou elektrickou vodivost lze hodnotit na základě měrného povrchového elektrického odporu:

$$\rho_p = R_p \frac{l_e}{d} \quad (3)$$

kde R_p je povrchový elektrický odpor materiálu naměřený mezi rovnoběžnými elektrodami. [2]

Základní jednotka pro povrchovou rezistivitu je Ω . Povrchová konduktivita je

značená S . Číselně je hodnota povrchové rezistivity rovna hodnotě odporu čtvercové plochy materiálu, měřenému mezi dvěma protilehlými stranami, mezi nimiž protéká proud. [2]

Povrchová elektrická vodivost izolantu je fyzikálně způsobena pohybem volných nosičů elektrického náboje po jeho povrchu. Tyto volné nosiče náboje vznikají především disociací molekul nečistot nacházejících se na povrchu izolantu. Disociace molekul je rozklad molekul na menší složky v rozpouštědlech (jako např. voda) na kladně a záporně nabitě částice, na kationty a anionty. Disociace těchto molekul je velice silně podporována absorbovanou vlhkostí. Z toho vyplývá důsledek, že povrchová vodivost izolantu úzce souvisí s relativní vlhkostí okolního prostředí. Zároveň je ovlivňována i strukturou dané látky, protože ta určuje intenzitu absorbování vlhkosti na povrchu izolantu. Nejvýrazněji se vlhkost absorbuje na materiálech s iontovým charakterem vazeb (např. tomu jsou anorganická skla), neboť přitažlivé síly mezi molekulami vody a ionty vlastního izolantu jsou větší než přitažlivé síly mezi molekulami vody. U nepolárních látek k absorpci vody na povrchu nedochází, protože přitažlivé síly molekul vody jsou větší než přitažlivé síly působící mezi molekulami vody a molekulami izolantu. V okamžiku, kdy dojde v okolí takového izolantu nasycení vodních par a až k jeho překročení, kondenzuje voda na povrchu ve formě oddělených kapek. Nedochozí k tvorbě souvislé vodní vrstvy. Polární látky se z hlediska míry absorpce vody na svém povrchu řadí mezi oba výše uvedené extrémní stavy. Kromě iontů vzniklých disociací nečistot usazených na povrchu izolantů mohou k povrchové vodivosti přispět i ionty vlastního izolantu vytvářené absorbovanou vodou. Tento jev se nejvýrazněji projevuje u anorganických skel, protože jejich povrchová vodivost je na rozdíl od ostatních materiálů větší než vnitřní vodivost. [2][3]

Polární látky jsou látky, v jejichž molekulách je nerovnoměrně rozdělen elektrický náboj, a proto lze tedy v molekule rozlišit kladnou a zápornou oblast neboli póly. [4]

2.3. Měření izolačního odporu

Mezi další parametr izolačního systému elektrického točivého stroje, který je ovlivněn vlivem znečištění stroje, je izolační odpor stroje. Izolační odpor stroje se snižuje opotřebením zařízení a stárnutím použité izolace. Nečistoty se dostávají do trhlinek a prasklinek v izolaci a tím výrazně snižují izolační odpor. Například u malého točivého stroje, který se používá v trolejbusových soupravách o výkonu přibližně 150 kW, může dojít ke snížení izolačního odporu vlivem nečistot z 25 M Ω až na 1 M Ω .

Měření izolačního odporu se provádí po vyčištění elektrického stroje na zkušebně. Kdy je přiložena jedna elektroda na konstrukci stroje a druhá na živou část zařízení. Elektrické zařízení je odpojeno. K měření se používá zařízení obecně zvané Megmet, který slouží pro měření velkých izolačních odporů řádově M Ω . Využívá pro to velké napětí, které je generováno zařízením samotným. Napětí v rozmezí 250 V až 2500 V. Záleží převážně na konstrukci a typu přístroje. Zajímavostí na tomto přístroji je jeho stupnice, která je od nuly do nekonečna. V dnešní době existují analogové i digitální Megmetry. V praxi jsou stále lepší analogové varianty, neboť digitální nejsou tak spolehlivé, protože právě z důvodu vysokých napětí dochází k rychlému vybíjení baterií. U analogového Megmetu stačí jen použít kličku.



Obr. 5: Analogový Megmet typ 500 V, převzato z [8]

3. Metody čištění elektrických točivých strojů

3.1. Metody čištění elektrických točivých strojů SUCHOU cestou

3.1.1. Mechanické čištění

Je nejzákladnější čištění, kdy dochází k čištění mechanickým vymetání stroje. Tato metoda je samozřejmě nejméně nákladná, ale také nejméně efektivní. Někdy tato metoda k vyčištění elektrického točivého stroje stačí, ale ve většině případů je to metoda, která jen doprovází jinou efektivnější metodu. Jako předčišťovací nebo dokončovací fáze. Společně s touto metodou hrozí také nametení nečistot do míst, odkud už není možné opětovným čištěním nečistoty odstranit. Nahromadění těchto nečistot v jednom místě může mít pro elektrické zařízení fatální následky. Používá se např. štětec se silikonovým vlasem.

3.1.2. Čištění stlačeným vzduchem

Tato metoda je již častější než Mechanické čištění, ale obdobně jako metoda mechanického čištění je čištění stlačeným vzduchem využíváno jako metoda doprovodná, která se převážně využívá k odstraňování hrubých nečistot s povrchu stroje, aby mohlo dojít k aplikaci čistícího přípravku pro důkladnější vyčištění stroje. Obdobně jako u mechanického čištění zde hrozí zanesení nečistot do těžko dostupných míst, kde mohou mít nečistoty opět fatální následky. Těchto míst je ovšem méně než u mechanického čištění, protože důkladností a pečlivostí se dají tyto nečistoty vytlačit proudem vzduchu z mnohem menších prostor než u mechanického čištění. Samozřejmě pečlivost je vykoupená větší časovou náročností.

Mezi další nevýhody této metody patří už samotný princip metody čištění stlačeným vzduchem. Nečistoty jsou vzduchem unášeny z povrchu elektrického stroje a to způsobuje zviření nečistot do okolního prostoru. Proto je u této metody nezbytné ji provádět v dobře větraném objektu anebo na otevřeném prostranství. To je ovšem možné pouze u malých a středních elektrických točivých strojů. U velkých točivých strojů je to prakticky nemožné, a proto je zde nutné zajistit aktivní odsávání vzduchu.

Výhody této metody jsou trojího charakteru. Za prvé v pořizovací ceně, kompresory pro stlačený vzduch nejsou příliš drahé a je to jediná počáteční investice. Za druhé provozní cena, neboť není potřeba žádného dalšího čistícího média. Třetí výhodou je jednoduchost

a cenová nenáročnost školení pracovníků. Například u CT metody může dojít při nesprávné manipulaci až k amputaci části těla.

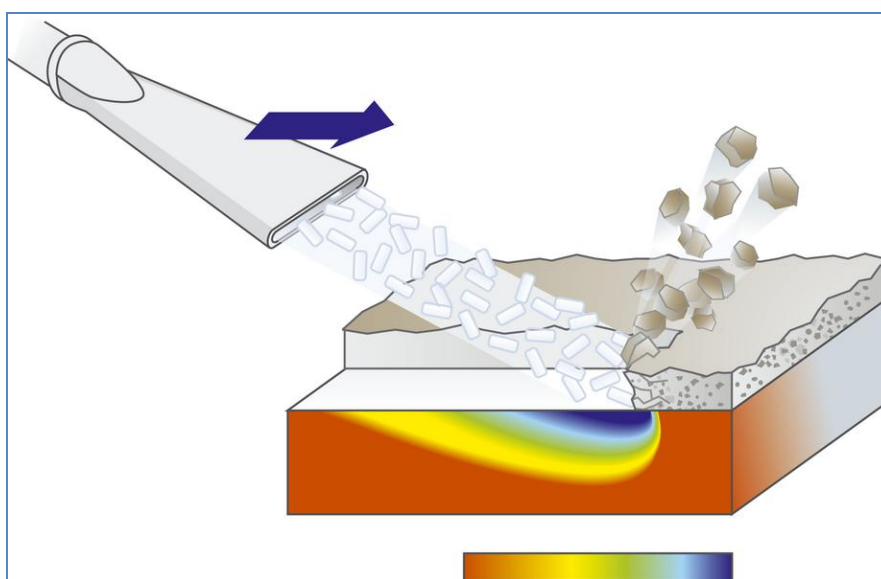
3.1.3. Čištění suchým ledem

Princip čištění pomocí suchého ledu je obdobný jako tryskání pískem nebo plastovými broky. Pomocí stlačeného vzduchu dochází k urychlení média a při dopadu na povrch dochází k odstraňování nečistot. Oproti tryskání pískem a plastovými broky se nejedná o abrazivní metodu a nedochází tedy k poškození čistícího povrchu, což u izolačního systému elektrických točivých strojů je podstatná záležitost.

Médium jsou pevné pelety suchého ledu (CO_2), které jsou podchlazeny na teplotu mínus 78°C . Nárazem se pelety přemění na plynný oxid uhličitý při čemž jeho objem přibližně 700 krát zvětší. Tento děj způsobí, že znečištěné vrstvy zmrznou, smrští se, zkrěhnou a oddělí se od povrchu. [5]

Čištění suchým ledem bylo vyvinuto jako metoda, která je šetrná k životnímu prostředí, protože nejsou při čištění použité žádné chemické čisticí prostředky, které by mohli způsobit vedlejší poškození ekosystému. V tomto případě se bavíme o nejcitlivějším umístění elektrických točivých strojů a to ve vodních elektrárnách. Fakt, který potvrzuje šetrnost k životnímu prostředí, je využívání této metody i v potravinářském průmyslu.

U této metody se vyskytuje obdobný problém jako u čištění stlačeným vzduchem, kdy dochází k rozvíření nečistot, které se musejí odstranit odsáváním anebo použitím



Obr. 6: Princip čištění a teplotní rozložení u metody Suchým ledem, převzato z [9]

v otevřených prostorech. Oproti tomu je, ale vysoce účinná převážně na hrubé velké nečistoty a většina výrobců udává i rychlost celého procesu čištění. Mezi výhody dále patří fakt, že po aplikaci suchého ledu se oxid uhličitý jednoduše vypaří do atmosféry a nedochází většinou k nežádoucímu odkapávání jako u metod Mokrých cest.

3.2. Metody čištění elektrických točivých strojů MOKROU cestou

3.2.1. Ostříkovaním vodou pod vysokým tlakem

Metoda Ostříkovaním vodou pod vysokým tlakem je nejzákladnější a asi i nejrozšířenější metodou čištění elektrických točivých strojů. Princip této metody spočívá v ostříkovaní znečištěného povrchu vodou pod vysokým tlakem od několika jednotek až po několik desítek atmosfér v závislosti na použitém tlakovém zařízení. Pro představu jeden typ přístroje má rozsah 30 – 150 bar. Čím vyšší tlak tím samozřejmě je povrch lépe a efektivněji vyčištěn, ale s extrémně vysokým tlakem hrozí poškození čištěného povrchu. V praxi se u elektrických točivých strojů s poškozením izolačního systému touto metodou spíše nesetkáme, protože izolační systém z hlediska mechanického namáhání tohoto typu jsou velmi robustní.

Z důvodu používání vysokých tlaků je spjatý i výskyt možného zranění. Proto u této metody, obdobně jako u CT technologie, je nutné mít vyškolené pracovníky, kteří budou seznámeni a oprávněni daná zařízení využívat. Pro představu může dojít až k amputaci částí těla.

Ostříkovaním vodou pod vysokým tlakem je bezkonkurenčně nejlevnější metodou z čištění mokrou cestou a to patří mezi její nejvýznamnější výhody, proč se různé společnosti uchylují k využívání této metody. Pořizovací náklady spočívají v nákupu daného zařízení pro tlakové mytí a školení pracovníků. Voda jako médium oproti různým čisticím prostředkům patří cenově k zanedbatelným položkám.

Obdobně jako u metody stlačeným vzduchem je zde možnost zanesení části nečistot, do těžko dostupných míst a po vypaření vodního média v tomto místě dojde k vytvoření vodivé vrstvy. Tato vrstva nemusí být nebezpečná, protože jí obecně většinou není dostatek, aby vytvořila vodivou plochu, která by spojovala dvě vodivé části stroje, ale ta možnost není vyloučena, a proto může dojít ke zničení stroje. Dále je zde možné obdobně, jako i u jiných

metod, zanesení nečistot do trhlinek v izolačním systému vytvořených stářím a opotřebením zařízení. Tyto nečistoty pak snižují izolační odpor stroje. Pokud dojde ke snížení izolačního odporu až pod kritickou hladinu, může dojít k přeskoku.

Protože použitá voda je samozřejmě vysoce vodivá, musí se, po vyčištění, zařízení řádně vyčistit od zbytku vodního média. Je možné nechat zařízení vyschnout na vzduchu, ale to se v praxi spíše nepoužívá, protože to může být časově náročné a hůře se určuje, zda už je zařízení dostatečně vysušeno v těžko přístupných místech. V tomto případě můžeme pomoci k vysoušení zařízení stlačeným vzduchem.

V praxi se vysoušení provádí umístěním těchto vyčištěných zařízení do velkých pecí k vysoušení o teplotách například kolem 160°C. Teplota není přesně daná, a proto záleží na možnostech pece a na odolnosti zařízení k vysokým teplotám. Samozřejmě čím vyšší teplota, tím kratší čas může zařízení strávit v peci. S tímto problémem se do pořizovací ceny promítne i cena takové pece, ale je možné pro tuto činnost využít i klasické pece, pro vytvrzování impregnantu, používané při VPI technologii. Vlivem tohoto sušení dochází ke zvětšení časové náročnosti na čištění touto metodou a trvá tak třeba déle než, kdyby byla použita CT technologie.

3.2.2. CT Technologie

Označení CT technologie pochází od firmy CT Austria NICRO spol. s r.o., která v současnosti sídlí v Brně. Jedná se o tlakové mytí pomocí čisticích prostředků, které pomáhají k čištění povrchů zařízení. Čištění pomocí CT technologie je nejosvědčenější a kvalitní čisticí technika, která se v současnosti široce používá a stále se rozšiřuje. Obecně se využívá vysokotlaké mytí o několika desítkách atmosfér, ale můžeme se setkat s mytím i s nižším tlakem několika jednotek atmosfér. Vysoký tlak přispívá mechanicky ke zvýšení odmašťovacího a čisticího účinku media. Používané čisticí prostředky jsou na bázi parafinických uhlovodíků. CT technologie nevyužívá jenom odmašťovacích a obecně čisticích účinků media, ale také využívají hustotu media, která je přibližně dvojnásobná a tím nečistoty vytlačuje pryč z těžce dostupné struktury povrchů.

Pro aplikaci čisticího prostředku se využívají membránová tlaková čerpadla, která dodají mediu potřebný tlak (až do 22MPa). Tato čerpadla pracují na principu airless, tzn. bez přístupu vzduchu. Obecně se metoda aplikuje dvěma způsoby. Jednocestným způsobem,

anebo dvoucestným způsobem. Metody jsou téměř identické, ale u dvoucestného způsobu oproti jednocestnému dochází ještě k předčištění tzv. předčističem. Například stroj se ponoří do vany, kde je průtokové čerpadlo, které čerpá předčistič a zajišťuje průtok media vanou. Jednocestný způsob se používá převážně lokálně a samozřejmě pro velké točivé stroje, které by bylo nemožné umístit do čistící vany.

Tato metoda má široké spektrum působnosti:

- rozvaděče a rozvodny NN, VN a VVN,
- elektrické točivé stroje – motory, generátory, budiče,
- vzduchové a olejové transformátory,
- vypínače, odpojovače, relé, stykače, kontakty, silová a další elektrická zařízení,
- rozvaděče s elektronickým zařízením,
- desky plošných spojů, optická zařízení, disketové jednotky,
- usměrňovače, měniče, regulační technika,
- výpočetní technika, televizní technika,
- měřicí a diagnostické přístroje a zařízení,
- speciální metrologické nářadí,
- strojní údržba, čištění strojů a zařízení,
- předaplikační čištění pro lakovny a galvanovny.

Mezi další přednosti této metody patří rychlost čištění v porovnání s ostatními metodami. Čištění většího stroje stojí řádově desetitisíce a trvá přibližně 4 až 5h. Samozřejmě cena a doba je závislá na stavu a podmínkách čištění. Celé čištění se skládá z 1 až 6 oplachů. Počet oplachů je dán mírou znečištění stroje. Čistící media mají nevodivé vlastnosti, neboli mají izolační charakter, a proto je možné čištění do 1000V provádět za provozu bez přerušení dodávky energie. V dnešní době, kdy společnosti apelují na co největší zisky, je tato vlastnost velmi žádaná a vyhledávaná. Některá čistidla mají i schopnost vytěsnit ze zařízení vlhkost. Další výhodou je také efektivita čištění, důkladnost čištění a zvyšování životnosti zařízení. Čistící media vytvoří na zařízení ochranný film, který až desetinásobně zlepšuje izolační vlastnosti a tím zvyšuje již zmiňovanou životnost zařízení. Izolační vlastnosti sice během prvního měsíce poklesnou zhruba o 20%, ale pak dojde k ustálení a je

garantována záruka 6 až 24 měsíců. Záleží na typu čisticího média, počtu oplachů atd. Záruka je stanovena dle specifikací jednotlivých zakázek.

Mezi nevýhody lze zařadit cenovou náročnost, požadavek na vyškolení pracovníků a tvorbu různých opatření pro únik čisticího média do životního prostředí. Další nevýhodou je těkavost látek s nízkými zápalnými teplotami a proto se musí dodržovat všechna bezpečnostní opatření. Ke všem čisticím prostředkům se vydávají technické listy, kde je popsán rozsah použití, způsob použití, vlastnosti a používaná balení. Tyto technické listy jsou uvedené v přílohách 1 až 4. Technické listy jsou od společnosti MOTIP DUPLI s.r.o., které aktuálně nabízejí a používají jako čisticí prostředky.



Obr. 7: Aplikace CT technologie

3.2.3. Technologický postup při čištění generátoru, Orlík, 2002

Povodně v roce 2002 neušetřili ani přehradu na Orlíku a došlo k zanesení a znečištění několika generátorů, které se musely, co nejdříve vyčistit. Pro toto čištění se využily principy CT technologie a prováděla je tehdy společnost LARS Chemie spol. s r.o., která stále existuje, ale dnes své aktivity soustředí jiným směrem. Neboli čištění je pro společnost vedlejší činností.

Technologický postup pro čištění takových generátorů byl rozdělen do tří částí:

Příprava:

Při této fázi muselo dojít k zakrytí podlahy pomocí PVC nebo textilního materiálu jako ochrana proti znečištění. Dále zakrytí demontovaných dílů, krytů v dosahu rozstříku. Dodatečné zakrytí a ochrana citlivých zařízení byla provedena dle vyhodnocení situace s pracovníky objednavatele popřípadě investora před zahájením vlastního čištění.

Čištění:

Nejdříve se provedly očišťovací práce předčističem pro motory a generátory (KALTREINIGER 715) pod tlakem cca. 50 – 70 bar. Předčistič se nechal cca. 5 – 10 minut působit pro odstranění hrubých nečistot.

KALTREINIGER 715 je čirý, neutrální, víceúčelový roztok, který odstraňuje vosky, tuky, mastnotu, saze, pryskyřice, ropný uhlík, dehet a asphalt. Lze využívat i pro ruční odmašťování součástek a dílů.

Po předčištění následovalo tlakové omytí kapalinou KALTREINIEGR HF 180 (s elektrickou pevností 54 kV), s kterou se spláchly veškeré zbytky nečistot. Tato kapalina vytvořila na povrchu generátoru také ochranný konzervační film.

KALTREINIEGR HF 180 je prostředek pro čištění za studena. Je to čirý, víceúčelový roztok na bázi lakového benzínu, který má podobné odstraňovací účinky jako předčistič. Oba přípravky se neředí vodou.

Dále se provedlo vytěsnění vlhkosti kapalinou FEUCHTIGKEITSSCHUTZ pod tlakem cca. 50 barů, která zároveň chránila zařízení před případnou vlhkostí. Tento postup byl aplikován až po vyhodnocení klimatických vlivů a prostředí s objednavatelem.

FEUCHTIGKEITSSCHUTZ je výrobek, který má velmi dobré vytěsňující vlastnosti pro vlhkost a vodu. Dále také slouží jako mazání přesných a mikromechanických částí a oblast

elektroniky. Vysoká kapilární aktivita v tomto případě zaručuje mazání i těch nejjemnějších kontur.

Úklid pracoviště:

Po vyčištění následovaly úklidové práce, jako odsátí nečistot a kapalin průmyslovým vysavačem z podlahy. Dále také, za pomoci průmyslového vysavače, úklid všech zbytků, nečistot a použitých ochranných materiálů.

Obecně celý postup byl konzultován s odpovědnými pracovníky objednatele a investora samotného.



Obr. 8: Čištění generátoru Orlík 2002 LARS Chemie s.r.o.

3.2.4. Ultrazvuková metoda

Mezi nejmladší zmiňované metody patří metoda s využitím ultrazvuku. V poslední době zažívá ultrazvuk rozmach v širokém počtu odvětví. Stále dochází k objevům nových a nových využití a vlastností ultrazvuku. Jedním z mnoha využití je tzv. mytí neboli čištění v ultrazvuku.

Využití této technologie u mytí různých zařízení má široké spektrum aplikací. Od japonských domácností, kde jsou používány malé čistící vaničky pro odstranění nečistot z rýže, tak až po Hubbleův kosmický teleskop, který je mnohonásobně vyčištěn pomocí ultrazvuku. [6]



Obr. 9: Ukázka ultrazvukového čištění, převzato z [7]

Použitím ultrazvuku se čas čištění výrazně zkracuje. Tímto způsobem se dosahuje kvalitního vyčištění. Ultrazvuk vykonává kmitání použitého média, které i při malé amplitudě 0,005 – 0,1 mm dosahuje velké rychlosti, především velkého zrychlení. Sekundární účinky kmitání se projevují jako kavitace, zahřívání, akustické proudění, únava a deformace materiálu, redukce tření, radiační tlaky apod. Rozsah vlivů sekundárních účinků ultrazvuku je odvozen především od intenzity a frekvence použité ultrazvukové energie a fyzikálních vlastností ozářeného média. Ultrazvuková energie, která je vyšší intenzity než $0,5 \text{ W / cm}^2$, ovlivňuje vlastnosti, lépe řečeno, strukturu ozářeného media. Na bázi této ultrazvukové energie se rozvinuly aplikace tzv. výkonového ultrazvuku (neboli Aktivního ultrazvuku) v technologických procesech čištění, sváření, obrábění, tváření a v chemicko-technologických procesech. Ultrazvukové čištění je nejrozšířenější aplikací ultrazvuku. [6]

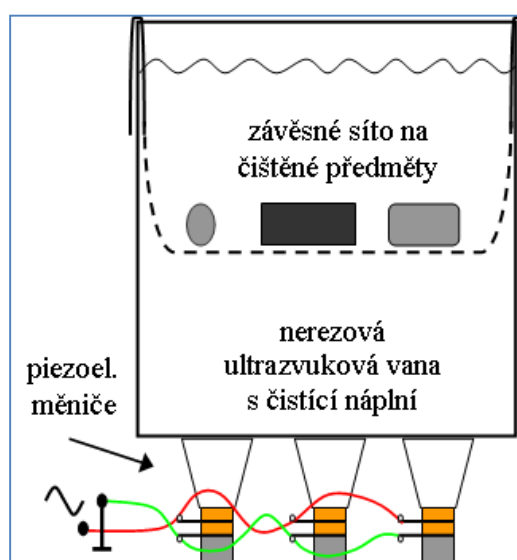
Při tomto procesu čištění se využívá princip kavitace, kterou vytváří ultrazvuková čistička v mediu. Kapalina se zhušťuje a následně rozpíná s frekvencí ultrazvukového generátoru. Ve fázi rozpínání kapaliny dochází k vytváření mikroskopických bublinek, které

jsou tvořeny vakuem. Tyto bublinky se shlukují a tak zvětšují svoji velikost, až se zvětší na takovou velikost, která je z fyzikálních zákonů maximálně únosná pro jejich existenci a pokud i přesto svoji velikost stále zvětšují, tak dochází k implozi. Obdobných implozí probíhá v jednom okamžiku stovky tisíc, ne-li miliony a tyto imploze se tvoří i na povrchu materiálu, který je touto metodou čištěn. [7]

Každá imploze je malý výbuch, při kterém dojde k extrémně rychlému pohybu kapaliny a tím dochází k „otrysku“ čištěného předmětu. Celý tento proces probíhá na mikroskopické úrovni, takže čištění ultrazvukem je zcela bezpečné a to i pro opracovávaný materiál tak i pro obsluhu. Jedná se o zcela bezpečné zařízení. [7]

Kavitace probíhá nejlépe za zvýšené teploty, optimální teplota čisticí kapaliny je obvykle v rozmezí od 50°C do 65°C v závislosti na výchozím bodu varu čisticí kapaliny.[7]

Celá soustava pro čištění se skládá z čisticí vany, ultrazvukového generátoru a měniče. Ultrazvukový měnič, který je napájený z generátoru transformuje vysokofrekvenční energii na akusticko-mechanické kmity. Další nedílnou součástí je tzv. absorpční látka neboli medium. Toto medium a čisticí objekt přeměňují ultrazvukovou energii na tepelnou a proto dochází k zahřívání celé soustavy. Vlivem změny teplot mezi čištěným předmětem a nečistotou dochází v místě jejich styku k částečnému oddělení, a tak se dostává čisticí medium mezi čištěnou plochu a nečistotu. Vniknutím čisticího media mezi nečistotu a plochu čištěného předmětu se rozrušují postupně síly vážící tyto dvě části k sobě,



Obr. 10: Obecné schéma ultrazvukové čisticí soustavy, převzato z [12]

až k jejich úplnému oddělení. Vlivem implodujících bublin se vyvine mechanická síla až několik tisíc atmosfér, která definitivně poruší vazbu mezi čištěným předmětem a nečistotou. Touto kavitací dojde k úplnému oddělení nečistoty od předmětu. [6]

Základní rozdělení ultrazvukových van:

- čistící vana s odděleným generátorem – využívají se pro specifické účely, kdy není standardizovaný typ, tvar a velikost čištěného předmětu. Má široké spektrum použití,
- čistící vana se zabudovaným generátorem – jedná spíše o univerzální zařízení v malých rozměrech pro čištění menší a standardizované objekty.

Podmínky pro čistící media:

- musí mít nízké povrchové napětí, malou viskozitu, nízký tlak par, a hustotu rovnou přibližně vodě,
- musí chemicky působit na nečistoty, rozpouštět je, nebo emulgovat,
- musí mít dobré akustické vlastnosti,
- nemělo by korozně působit na čištěný předmět,
- nesmí být toxické a musí být ve shodě s platnou legislativou České republiky,
- použití media musí mít schválení hygienika České republiky, a musí být zajištěna likvidace použitého media v souladu s předpisy a musí být dodržovány bezpečnostní předpisy pro práci s mediem. [6]

Jako čistící medium může být použita i obyčejná voda.

Použití této metody pro čištění elektrických točivých strojů je možné pouze u menších zařízení, která je možné vyjmout a ponořit do velké vany, která může být už celá vytvořená z nerezů a s pevně stanovenými rozměry, anebo je rozkládací a mobilní, aby se dala přizpůsobit rozměrům elektromotoru. Rozkládací vany se v tomto případě používají častěji, jsou efektivnější a flexibilnější. V tomto případě se využívá čistící soustava s odděleným generátorem ultrazvuku, protože u rozkládací vany by jen s těžkostmi šlo využít integrovanou variantu.

Princip a způsob čištění zcela znemožňuje čištění velkých točivých strojů, protože

u nich je transport popřípadě demontáž z objektu většinou nemožná anebo příliš nákladná. Obecně tato metoda patří k dražšímu řešení čištění a je jí možné používat pouze na malé a střední stroje. Oproti tomu se jedná o nejefektivnější metodu z hlediska čištění, protože medium se z velké části dostane do míst, kam se dostanou i nečistoty. Zároveň ultrazvuk dokáže nečistoty dostat i z těch nejobtížnějších povrchů pro čištění.

Obdobně, jako u jiných metod, zde nastává problém s odstraněním nečistot, které se nachází v čistícím mediu. Ne každé medium na sebe váže nečistoty po celou dobu čištění, než je stroj znovu vyzdvihnut z ultrazvukové vany. Medium, které obsahuje nečistoty, může zůstat v komplikované struktuře stroje, kde po vysušení můžou nečistoty vytvořit vodivou cestu. Ve většině případů je toto riziko velmi malé až zanedbatelné, ale jelikož se nedá zcela vyloučit, je proto nutno brát ho v úvahu. Potom se musí médium ještě vyfoukávat stlačeným vzduchem, anebo ostříkovat jiným médiem, aby došlo ke snížení koncentrace nečistot v již zbylém mediu. Obzvláště u velmi citlivých zařízení. Dalším omezujícím faktorem může být typ použitého media. Při použití media, které má vodivé vlastnosti, se musí stroj po vyčištění dále vysoušet obdobně jako v již zmiňované kapitole zabývající se ostříkáváním vodou pod vysokým tlakem.



Obr. 11: Ukázka čištění s modifikovatelnou vanou, převzato z [13]

3.3. Čištění elektrických točivých strojů tramvajových a trolejbusových souprav Dopravních podniků města Brna



Obr. 12: Tramvajová souprava DPMB, převzata z [14]



Obr. 13: Trolejbusová souprava DPMB, převzata z [15]

Některé motory jsou používány v soupravách až 40 let, a proto se v tomto prostředí setkáváme jak se staršími stejnosměrnými motory, tak i novějšími střídavými, respektive asynchronními motory. Čištění probíhající v Ústředních dílnách DPMB, kde se provádí kompletní opravy souprav, je alfou i omegou celého opravárenského procesu.

U dopravních souprav se používají převážně motory chlazené vzduchem (aktivně i pasivně), a proto největším zdrojem znečištění je samotné prostředí z okolí motoru. K nejhorším obdobím patří prášení po zimě, kdy jsou malé nečistoty zanášeny do elektrického ústrojí. První ochranou proti znečištění jsou dvojité síta, která jsou umístěna na vstupu k motoru. Tato síta brání velkým nečistotám k přímému vstupu k motoru. Tyto velké nečistoty mohou být například igelitové pytlíky, kousky dřeva, kousky gumy, listí, respektive vše co nalezneme na ulici a dostane se do vzduchové turbíny.



Obr. 14: Mřížka před vstupem do motoru

Větší nebezpečí představují menší částičky. Mezi nejhorší částičky patří trojice tří druhů vodivých částic, které ohrožují motor nejvíce. První z nich je křemík, který je používán převážně v zimě, pro sypání kolejí pro zvýšení tření. Křemík jako takový není vodivý, ale velmi dobře na sebe váže nečistoty, které vodivé jsou. Dalším prvkem je sůl, která se samozřejmě využívá na sypání silnic. V kombinaci s vodou vytváří ještě vodivější směs a zároveň je agresivní vůči materiálům. Posledním prvkem je uhlík z uhlíkových kartáčů. Vzduchové zařízení je většinou konstruováno tak, že nejdříve přichází vzduch na komutátorové kartáče a odtud se uhlčitý prášek roznáší do celého stroje.

K opravě stroje dochází nejčastěji ze dvou důvodů. První důvod je standardní revizní prohlídka, čištění a případná oprava po ujetí určitého počtu kilometrů. Druhý důvod je horší variantou a to, když dojde k poškození motoru a jde rovnou na opravu. Při tomto poškození nemusí dojít k úplnému zničení stroje. Stává se, že dojde i k dvojitému přeskoku a motor je stále funkční. Tento jev například nastává při zvýšené vlhkosti na vnitřním povrchu motoru. V tomto případě dojde k přeskoku v motoru, ale přeskok zároveň vypaří vzniklé vodivé cesty a je opět znovu dostatečně zaizolován. V obou případech dochází k úplné demontáži motorů ze soupravy a rozebrání motoru na prvočinitele. Dříve se například u trolejbusového motoru nechávaly ve statoru namontované hlavní a pomocné póly i při čištění, ale dnes se pro zefektivnění čištění demontují také.



Obr. 15: Ukázka demontovaného špinavého motoru před čištěním

Součásti stroje jsou nejdříve mechanicky očištěny a dále se převezou na čištění pomocí vody pod vysokým tlakem. Dříve se čištění provádělo pouze pomocí stlačeného vzduchu, ale dnes čištění již provádějí efektivnějším čištěním vodou pod tlakem. U čištění se musí vše odstranit vše volné i barva. Poté se součásti musí vysušit v peci a dále jsou součásti jemně dočišťovány mechanicky, aby se na součásti mohla aplikovat elektroizolační barva.

Před čtyřmi lety se využívala nepříliš kvalitní izolační barva, která s teplotou měkla a ztrácela lesk. Tento lesk zabraňoval usazování nečistot na povrchu stroje. Dnes se již přešlo na kvalitnější elektroizolační lak třídy „F“. Písmenové označení slouží k zařazení izolantů do teplotní odolnosti. Pro upřesnění, elektroizolační lak třídy F vydrží teplotní zatížení o 160 °C. Třída H až 180 °C. Třída H se používá u cívek a rotorů. Tento lak také zvyšuje odolnost motoru proti solím, vodě, i vodě ve formě sněhu a dalším nepříznivým vlivům.

Nejvíce poruch se objevuje v období od podzimu do jara a to vždy v ranních hodinách po víkendu. To je způsobeno tím, že požadavky na zaparkování souprav jsou vyšší než kapacity dep, a proto stojí soupravy venku na otevřeném prostranství vystavené povětrnostním vlivům. V tomto případě je silnoproudá elektrotechnika velmi náchylná na vlhkost. Tyristory a tranzistory. U poruch bývá složité dohledat, co bylo příčinou poruchy, zda elektrotechnická výzbroj soupravy nebo motor. Porucha tyristoru může způsobit poškození motoru a naopak.



Obr. 16: Ukázka následku zkratu na rotoru motoru

Pólové věnce se kontrolují zvýšeným napětím 2000V proti kostře. Než se dostane kotva motoru k fázi čištění, tak se kontroluje na mechanické vlastnosti např. výstřednost. Potom se čistí stejně jako zbytek motoru, mechanicky a pak vodou pod tlakem. Kotvy se starou impregnací se znovu reimpregnují. Jeden z názorů tento krok označuje za zbytečné finanční výlohy, ale proti druhému je tu fakt, že se izolace mikropohyby porušuje a je tedy namísto jí reimpregnovat i za cenu, že impregnace nezateče do všech spár. Motory, které přijdou na údržbu bez poruch, se většinou ošetřují jen povrchově speciálním nátěrem. Další zkouška, která se provádí na statoru, je zkouška přiloženým napětím 2350V.



Obr. 17: Vyčištěné a převinuté rotory

Pro druhou fázi čištění se používá již zmiňovaná voda pod tlakem anebo CT metoda. CT technologie oproti vodní cestě je velmi nákladná, a proto se zde využívá tehdy, když není příliš časového prostoru pro zdlouhavější čištění vodou pod vysokým tlakem. Není zde využívána CT metoda s využitím vysokého tlaku, dělá se zde pouze oplachování pod nízkým tlakem. Díky tomu dochází k velmi nízké spotřebě čisticích prostředků, přibližně 3 až 4 litry čistícího media na motor o střední velikosti, jaký je uvedený například na Obr. 17. I když je zde spotřeba oproti vodní cestě menší, přibližně poloviční, je CT metoda stále nákladnější než voda. Cena litru čisticího media se pohybuje od 100 – 200 Kč za litr, což oproti vodě je mnohem vyšší cena, když za 80 Kč získáme 1 000 litrů vody. Jak bylo řečeno výše, vodní cesta je časově náročnější, protože po umytí musí součásti jít do pece a vysušit se. Může se pro to využít impregnační pec, kde se součásti vysouší při 120 – 150 °C, dle použití a stáří izolace a dle velikosti motoru. Tento proces může trvat přibližně 4 hodiny v závislosti na teplotě.



Obr. 18: Impregnační pec

Při porovnání metod není vodní cesta méně efektivní než CT metoda a výsledky jsou téměř nerozeznatelné, z hlediska izolačního odporu stroje. Laboratorní zkoušky, při kterých by se hledaly hlubší rozdíly v čistících metodách, zatím nebyly uskutečněny. CT technologie je zde obecně viděna jako budoucnost a určitě má větší čistící účinky, protože například dokáže rozpouštět i tuky. Další výhodou CT technologie je vytěsnění vody chemickou cestou a to

také zlepšuje izolační vlastnosti stroje.

Izolační odpor před čištěním se pohybuje řádově v jednotkách $M\Omega$ a po čištění stoupne až na $25 M\Omega$. Už tato skutečnost poukazuje na důležitost čištění, kdy podle technických norem nesmí izolační odpor poklesnout pod $0,7 M\Omega$. Čištěním se obecně odstraní cca 99% nečistot a zbytek už již nelze vyjmout, žádnou z používaných metod.

U každé poruchy se musí zvážit, zda se motor vyplatí opravit anebo rovnou pořídit nový. V některých případech mohlo dojít k neúplnému zkratu motoru. Průměrná cena opravy jednoho motoru s převíjením vychází na 35 tis. Kč, přičemž např. cena jednoho hlavního pólu u motoru o výkonu 120kW je 7 000 Kč, pomocného 5 000 Kč, převinutí kotvy 50 000 Kč. Podrobná prohlídka jednoho motoru se provádí přibližně jednou za měsíc a tím se náklady na opravu dostávají velmi rychle do vysokých čísel. Obvykle motor má životnost 2 až 4 roky. Životnost souvisí s jeho používáním a náročností míst, kde se pohybuje. Motory využívané na linkách, které mají členitější terén, jsou mnohem více zatěžované.



Obr. 19: Vyčištěné a zkompletované motory připravené na montáž do souprav

4. Návrh diagnostického centra

4.1. Diagnostika malých a středních točivých strojů

Malé a střední točivé stroje tvoří nejpočetnější skupinu točivých strojů. Jedná se přibližně o 90% výroby všech točivých strojů. Do této skupiny patří stroje do výkonu několika set kilowatů a v případě trakčních motorů až 1 MW. [1]

Obecně diagnostiku těchto strojů můžeme rozdělit do několika základních diagnostických kroků, které se liší nejen provozním místem stroje, ale i jejich významem a rozsahem:

- výstupní kontrola u výrobců materiálu a subdodávek,
- vstupní kontrola materiálu a subdodávek ve výrobním závodě,
- mezioperační výrobní kontroly,
- zkoušky elektrických strojů:
 - typové zkoušky
 - kusové zkoušky
- výstupní kontrola,
- výchozí revize při uvádění stroje do provozu
- pravidelné periodické kontroly a prohlídky,
- on-line diagnostika,
- zkoušky a kontroly pro stanovení diagnózy při provozních potížích a po poruše či havárii,
- zkoušky po opravě

Pro diagnostiku malých a točivých strojů je nutné mít odpovídající technologické pracoviště se speciálně vybavenými prostory, která budou obsahovat speciální technická zařízení a přípravky. Pracoviště musí obsahovat i zařízení pro měření, čištění případných znečištěných strojů a vybavení pro údržbářskou činnost. Vybavení je nutné zajistit jak pro zkušebnu, která bude umístěná někde v objektu nějaké společnosti, tak i pro měření v provozu. Pro uvedené diagnostické kroky je také vyžadováno splnění základních technických a ekonomických předpokladů. Základním rozdílem od diagnostiky velkých točivých strojů je hledisko obtížnosti přepravy daného zařízení na zkušebnu. Zatímco

u malých a středních točivých strojů je efektivnější provádět údržbu a diagnostiku na zkušebně, tak u velkých točivých strojů jsou náklady na přepravu mnohem větší, za předpokladu, že je přeprava do diagnostického pracoviště vůbec možná.[1]

Této skupině elektrických strojů nebyla v minulosti věnovaná moc velká pozornost, protože náklady na diagnostické zařízení, nebo dopravu a následnou údržbu a opravu na diagnostickém pracovišti, nebyly tak výrazné od možnosti kompletní výměny stroje. V dnešní době zeštíhlování podniků a minimalizaci nákladů se i o tuto skupinu začínají společnosti více zajímat. Tomuto pohledu také napomáhají nové diagnostické postupy založené na digitálním sběru dat a datových databázích hodnot z měření, které jsou využívány pro vytváření prognóz. V některých případech může být cena diagnostiky zanedbatelná oproti ceně, respektive nákladům na výpadek stroje z provozu a zastavení výroby. V takovém případě mají největší roli ekonomické rozborů různých možných vzniklých havarijních situací, které by mohly nastat. Cena elektrického točivého stroje nemusí být vysoká, ale důsledky způsobené výpadkem stroje ve výrobním procesu mohou být v porovnání s cenou enormní. Investice do vhodného diagnostického systému malého točivého stroje může zaručit bezporuchový chod. V dnešní době se také velmi často využívá tzv. on-line diagnostika, kdy dochází ke sběru dat za provozu. Díky této metodě je stav stroje sledován aktuálně a může být řízena odkudkoliv, pokud je propojena s internetem. Jednotlivé průmyslové počítače jsou umístěny přímo do sledovaného zařízení, kde shromažďují a vyhodnocují naměřené veličiny. Pokud je diagnostický systém vhodně zvolen, s ohledem na důležité diagnostické veličiny, které jsou dostatečně známé, je pak diagnostický systém sám schopen rozpoznat blížící se komplikace, popřípadě poruchu a včas na tento fakt upozornit. V současnosti pro snížení nákladů online metody se pro výpočty a sběr dat využívají kapacity již instalované řídicí jednotky. Tato řídicí jednotka musí obsahovat databázi znalostí, s kterou bude porovnávat a předpovídat možné poruchy [1]



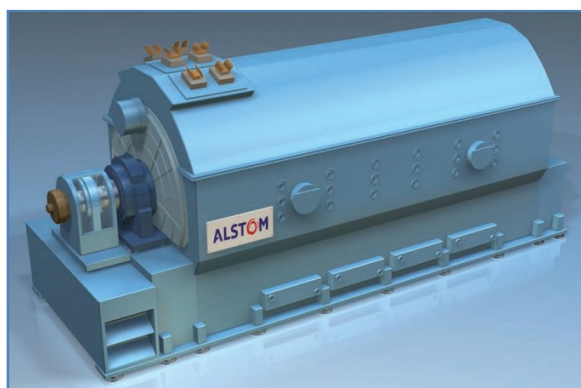
Obr. 20: Elektromotor o výkonu 200kW od společnosti SIEMENS, převzato z [10]

4.2. Diagnostika velkých točivých strojů

Mezi velké točivé stroje jsou zařazené turboalternátory, hydroalternátory, eventuálně i vysokonapěťové motory. U těchto strojů je důležitým aspektem bezporuchový chod. Je samozřejmostí, že během jejich provozu jsou jednotlivé podsystémy a všechny prvky vystaveny namáhání, které má za následek postupné stárnutí stroje. Jedná se o namáhání mechanického charakteru, jako jsou únavové jevy a opotřebení, dále o chemickou degradaci, koroze a jiné chemické změny, a v poslední řadě o elektrické namáhání, zejména v důsledku kombinace působení zvýšené teploty a vlastního elektrického pole. V elektrických strojích se také mohou vyskytovat i další kombinované jevy, které ovlivňují životnost a stav stroje. Např. koroze pod napětím, která nastává u nemagnetických materiálů, drážkové výboje, klouzavé výboje apod. [1]

Při diagnostice u těchto elektrických točivých strojů musíme zejména zmínit specifikum, že údržba musí být prováděna na místě provozu stroje. Proto za údržbou vyjíždějí zvláště k tomuto účelům vybavená mobilní pracoviště. Zde velkého významu nabývají on-line měření. Hlavní výhody této metody jsou, že diagnostické testy a měření za provozu zahrnují velký počet snímaných hodnot, při jejichž snímání nevznikají žádná přídavná namáhání způsobená vnějším zdrojem napětí jako například u off-line metod. Tento způsob, ale přináší vyšší počáteční investiční náklady na pořízení monitorovacího systému, protože systém musí mít každé sledované zařízení samostatně. [1]

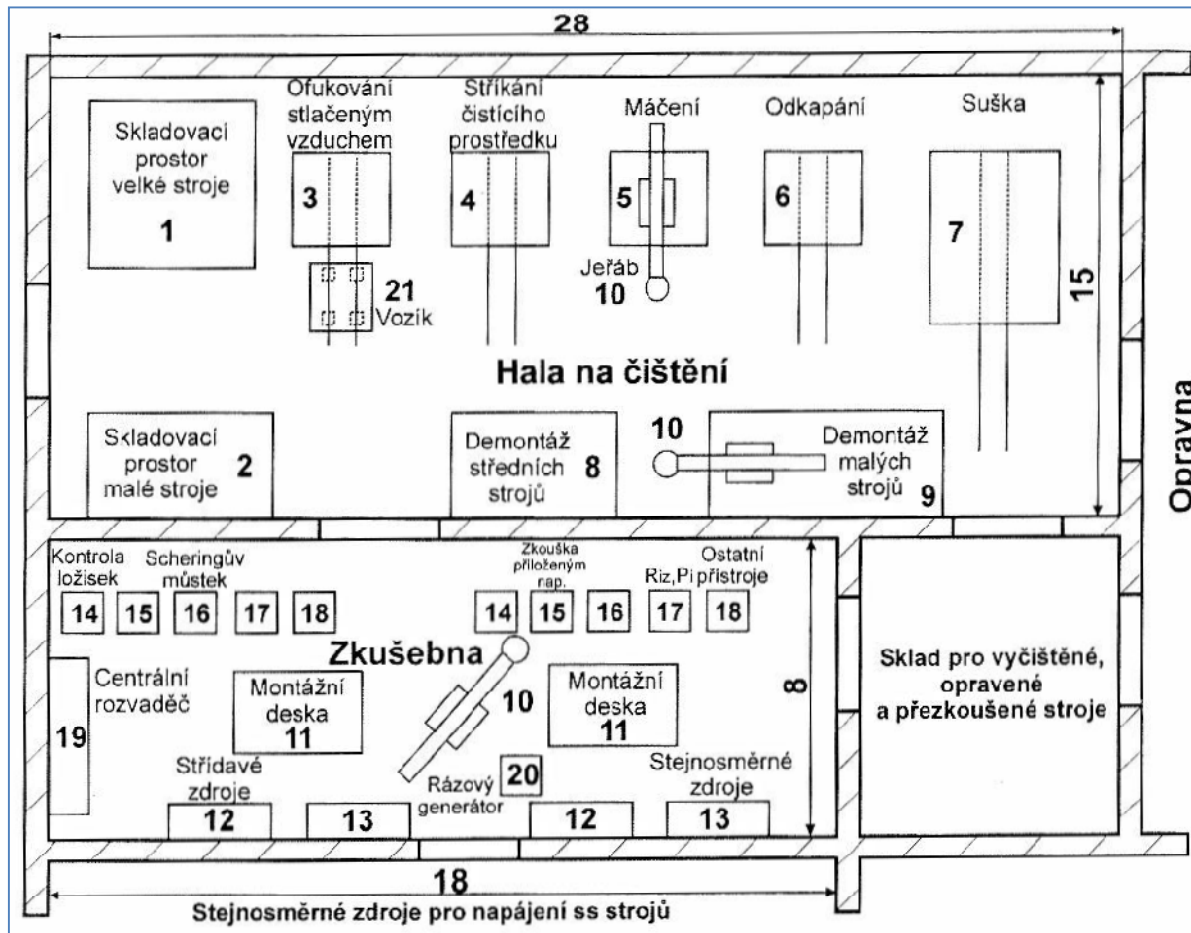
U velkých točivých strojů je nutné zajistit vstupní kontrolu materiálu a subdodávek, dále pak mezioperační elektrické i mechanické zkoušky při výrobě stejně tak jako u malých a středních točivých elektrických strojů uvedené v předchozí kapitole. Zkoušky mají stejný charakter jako u malých a středních strojů a i jejich problematika je stejná. [1]



Obr. 23: Turboalternátor 400 MW, převzato z [11]

4.3. Návrh čistícího a diagnostického centra

Obecně by se pracoviště mělo skládat ze tří částí. Čistící část, diagnostické části a opravárenské části.



Obr. 24: Návrh pracoviště čištění a diagnostiky, převzato z [1]

Jak je uvedeno na Obr. 24., pracoviště se skládá z haly na čištění točivých strojů, která obsahuje i skladovací prostory pro velké (1) a malé stroje (2). Dále uzavřené pracoviště pro čištění motorů stlačeným vzduchem (3). Je potřeba zřídit pracoviště pro použití rozpouštědel a čistících prostředků, kde se budou aplikovat (4) a posléze odstraňovat (5). Je nutno také zajistit, aby čistící prostředky neunikaly do prostoru opravný. Proto se očištěný stroj nechá nejprve odkapat na speciálním určeném místě (6) a potom je sušen v sušce (7). Pro bezpečnou manipulaci se stroji se využívá jeřáb (10) anebo také portálové jeřáby s dálkovým ovladačem. Pro přemísťování se také využívá vozík (21). Demontáž strojů probíhá dle jejich velikosti na pracovištích pro malé (8) a střední (9) motory. [1]

Zkušebna musí obsahovat stejnosměrné zdroje i střídavé zdroje (12), (13), (20), kde

jsou umístěny zkušební zdroje napětí. Zkušební zdroje jsou napájeny z centrálního rozvaděče (19). Pro manipulaci zde opět slouží jeřáb (10). Ve zkušebně jsou umístěné montážní desky (11), pro práci na strojích a jejich přípravu pro měření. Dále jsou zde umístěny jednotlivé diagnostické přístroje (16), (17) a (18). Pracoviště pro zkoušky rázovým a přiloženým napětím (14), (15) a (16). Pracoviště označené (14) jsou také určena pro diagnostiku ložisek. [1]

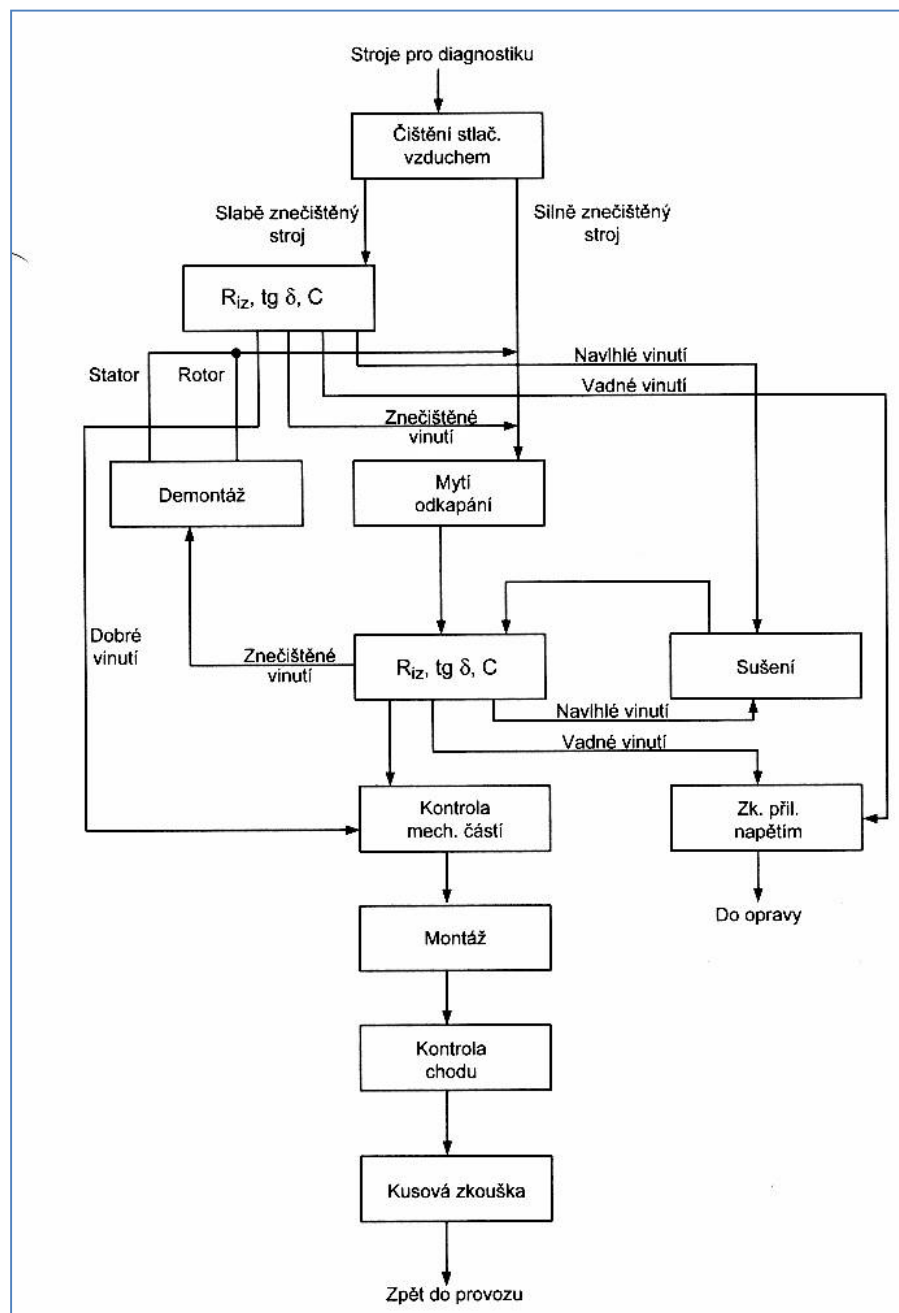
Postup celého procesu:

- **Čištění motoru** – čištění motorů se může provádět všemi již zmiňovanými metodami v 3. Kapitole
- **Kontrola mechanických prvků stroje** – vizuální prohlídka, kontrola, ložisek, stav komutátoru a sběracího ústrojí, ventilace, příslušenství stroje, svorkovnice, hlučnost a rzivost rotoru. Obecně se kontrolují i kryty strojů, které se také očišťují.
- **Elektrické zkoušky** – pro tuto část se používají střídavé i stejnosměrné metody. Zkušební napětí se volí s přihlédnutím na stav stroje. Např. u trakčních motorů 600 až 1000V
- **Střídavé zkoušky** – zkouška přiloženým napětím, zjišťování ztrátového činitele, úroveň činnosti (ČV).
- **Rázová zkouška** – používá se u trakčních strojů a strojů o větším výkonu, kde se zkouší mezizávitová izolace.
- **Stejnosemřné zkoušky** - měření izolačního odporu, zkouška přiloženým stejnosměrným napětím, $U_{ss} = 1,6 U_{stř}$.
- **Kontrola ohmických odporů tepelných čidel** – kontrola funkčnosti čidel pro dané oteplení.
- **Kontrola chodu stroje** – chod asynchronního stroje přibližně 1 hodinu při vhodných otáčkách, stejnosměrné stroje cca 4 hodiny při 50% jmenovitých otáček. Trakční motory, které se používají ve dvojici, se ještě musejí zkoušet i na paralelní chod. Rozdíl otáček musí být ± 30 otáček / min. U trakčních motorů se provádí test rekuperace, který trvá také přibližně hodinu.
- **Odhalení slabých míst** – tato slabá místa mohou vzniknout při výrobě nebo během provozu, působením mechanických zkratových sil, vniknutím cizích těles, kmitáním stroje apod. Tato zkouška se provádí během provozu opakovanou napěťovou zkouškou,

$U_{ss} = 1,6U_{zst}$, $U_{zs} = 1,5 U_n$. Provádí se po dobu 1 minuty. U závitové izolace se provádí po dobu 5 minut a nižším napětím.

- **Teplotní stárnutí** - odhaluje se měřením $\text{tg} \delta = f(T)$. Hodnotí se periodicky prováděné zkoušky.
- **Změny chemického původu** – odhalují se především měřením dielektrických ztrát čelní části izolace. [1]

Blokové schéma postupu pro malé stroje:



Obr. 15: Blokové schéma postupu čištění a diagnostiky pro malé stroje, převzato z [1]

Specializované zkušebny na určité druhy motorů mohou obsahovat simulační zařízení jak formou rozhraní, tak i použitím skutečné části stroje, ve kterém stroj vykonává svou činnost. Oba prvky je vhodné umístit do oblasti zkušebny. Pro zlepšení bezpečnosti se měřící zařízení od zkušebních pracovišť oddělují přepážkami, aby se předešlo zranění z uvolněné součásti stroje nebo zapomenutého cizího předmětu vně stroje.



Obr. 26: Simulační rozhraní pro řízení tramvajové soupravy



Obr. 27: Simulace nápravy tramvajové soupravy

5. Závěr

Prvním cílem této práce bylo sepsání aspektů a problematiky znečištění elektrických točivých strojů. Nejnáchylnější na znečištění jsou motory chlazené vzduchem z okolního prostředí. Tímto tématem se dále zabývá první kapitola včetně metody měření izolačních parametrů, které jsou znečištěním ovlivňovány.

Druhým cílem této práce bylo porovnat jednotlivé uvedené metody. Obecně metody, které jsou na bázi mokré cesty, jsou více efektivní a dražší než metody, které jsou řešené suchou cestou. Oproti tomu metody na bázi suché cesty jsou méně náročné na zařízení a mnohdy dostačující, pro vyčištění stroje. Bližší náhled o problematice jednotlivých metod je uveden v jednotlivých kapitolách. Jak probíhá čištění v praxi je nastíněno v kapitole 3.3, kde je uveden příklad z Dopravních podniků města Brna. Nejvýznamnější nevýhody a výhody metod jsou uvedeny v následující tabulce č. 1.

Porovnání čistících metod					
Suchá cesta					
Mechanické čištění		Čištění stlačeným vzduchem		Čištění suchým ledem	
Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
nízká cena, dobře čistí hrubé nečistoty	malá účinnost, nevyčistí složité struktury stroje	žádné náklady na čistící medium, efektivnější čištění, dobře čistí hrubé nečistoty	neodstraní odolné nečistoty, rozvíří prach do okolí	odstraní i hrubé nečistoty, velmi efektivní čištění	vyšší cena, rozvíří prach do okolí
Mokrý cesta					
Ostřikování vodou pod vysokým tlakem		CT technologie		Ultrazvuková metoda	
Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
nízká cena, levné medium	nutnost sušení, školení zaměstnanců	efektivní čištění, absence sušení	vysoká cena media, školení zaměstnanců	nejefektivnější čištění i odolného znečištění	vyšší cena, školení zaměstnanců, špatně využitelné pro větší stroje, sušení stroje

Tabulka 1: Souhrn výhod a nevýhod uvedených metod

Uživatel, který chce použít jednu z těchto čistících metod, si musí na základě výhod a nevýhod najít kompromis mezi kvalitou a cenou. Například nejkvalitnější čištění je prováděno ultrazvukovou metodou, ale zároveň se jedná také o velmi drahou metodu. Proto uživatel musí posoudit, zda by se mu nevyplatilo snížit nároky na kvalitu a tím ušetřit náklady.

Obecně čistící metody nemají příliš velký vliv na izolační systémy, pokud se čištění

provádějí správně a jsou použity čisticí prostředky k tomu určené. K mechanickému poškození většinou nedochází, protože izolace je velmi odolná proti takovému namáhání. Je možné, aby některé přípravky u čistících metod, které jsou na bázi chemikálií, poškozovaly izolaci, ale to by musely být použité přípravky, které k tomu nejsou určené. Naopak u CT technologií čisticí přípravky většinou izolační vlastnosti zlepšují. Aplikace a použití přípravků jsou vždy uvedeny v technologických listech. Příklady listů jsou uvedené v přílohách. Odborné studie, které by pojednávaly o problematice přímého vlivu čištění na izolační systémy, nejsou veřejnosti přístupné a společnosti si je chrání pod záštitou „Know How“.

Posledním cílem této práce byl návrh diagnostického a čisticího centra. Návrh centra je popsán a zpracován v kapitole 4.3.

Seznam použité a citované literatury

- [1] MENTLÍK, Václav. *Diagnostika elektrických zařízení* Praha: BEN - technická literatura, 2008. 439 s.
- [2] MENTLÍK, Václav. *Dielektrické prvky a systémy*. Praha: BEN-technická literatura, 2006, 240 s
- [3] Aldebaran.cz [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z:
<http://www.aldebaran.cz/glossary/print.php?id=642>
- [4] ABZ slovník cizích slov. [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z:
<http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/polarni-latky>
- [5] Spektro.cz [online] [cit. 2013-03-16]. Dostupné z:
<http://www.spektro.cz/princip-cistení-pomoci-pelet-co2--3.html>
- [6] HW.cz. [online]. [cit. 2013-03-29]. Dostupné z:
<http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/cistení-ultrazvukem.html>
- [7] Cistickyultrazvukove.cz. [online]. [cit. 2013-03-29]. Dostupné z:
<http://www.cistickyultrazvukove.cz/ultrazvukova-cisticka-princip.html>
- [8] SJTRADE. [online] [cit. 2013-24-03] Dostupné z: <http://sjtrade.cz/>
- [9] SEDLACEK. [online] [cit. 2013-24-03] Dostupné z:
<http://www.sedlacek-karcher.cz/cistení-suchym-ledem/kat-534.htm>
- [10] EPB s.r.o. [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z:
<http://www.epb.cz/sluzby/prodej-elektromotoru/1lg4-1lg6/>
- [11] ALSTOM. [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com>
- [12] Home.zcu.cz [online] [cit. 2012-30-3] Dostupné z:
<http://home.zcu.cz/~nagyovab/images/čistička-ultrazvuková.jpg>
- [13] KMCGROUP.cz [online] [cit. 2012-30-3] Dostupné z:
<http://www.kmcgroup.cz/cz/ultrazvuk/obr/MO21.jpg>
- [14] IMG.RADIO.cz [online] [cit. 2012-2-4] Dostupné z:
http://img.radio.cz/pictures/c/romove/socialni/ratolest_brno_tramvaj1.jpg
- [15] BMHD fotogalerie.cz [online] [cit. 2012-2-4] Dostupné z:
<http://foto.bmhd.cz/foto.php?9493>

Přílohy:

1. Čistící přípravek NICRO 1002

MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1002

SPECIÁLNÍ ČISTÍCÍ A ODMAŠŤOVACÍ PROSTŘEDEK
PRO ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ



1. Produkt

Vysoce účinný prostředek pro čištění a odmašťování veškerých elektrických zařízení (NN, VN a VVN), včetně elektrických strojů točivých, vzduchových i olejových transformátorů, čištění izolátorů apod.

2. Vlastnosti

- * Speciální čistící a odmašťovací prostředek pro silová elektrická zařízení.
- * Odpaňuje se bezezbytku.
- * Špičkové čistící a odmašťovací vlastnosti.
- * Rozpouští veškeré nečistoty.
- * Odstraňuje veškeré nečistoty - prach, olej, tuky, oxidy, zbytky spalin a jiné.
- * Nenapadá a nepoškozuje používané materiály v elektro průmyslu, včetně izolací, barev, plastů, popisů a značení.
- * Nenapadá kovové materiály a nezpůsobuje jejich korozi.
- * Zajišťuje dokonalou přilnavost pro ochranné laky.
- * Odmastí statorová vinutí elektrických strojů točivých před aplikací izolačních laků.
- * Není jedovatý ani karcinogenní.

3. Rozsah použití

- * Rozvaděče a rozvodny NN, VN a VVN
- * Elektrické stroje točivé – motory, generátory, budiče
- * Vzduchové a olejové transformátory
- * Vypínače, odpojovače, relé, stykače, kontakty, silové a další elektrická zařízení

MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1002

SPECIÁLNÍ ČISTÍCÍ A ODMAŠŤOVACÍ PROSTŘEDEK
PRO ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ

4. Použití

Aplikuje se pomocí vysokotlakého zařízení při maximálním tlaku. Můžete také nanášet mechanickým rozprašovačem, textilií, štětcem ... podle aktuálních možností a potřeby.

Nechte na zařízení několik minut působit a následně použijte vysokotlaké dmychadlo nebo stlačený vzduch k dokonalému odpaření kapaliny a sejmutí narušených částic nečistot.

V případě malých součástek, motorů apod. je vhodné využít čištění ponorem v kapalině.

Značení rozvaděčů: pokud je značení rozvaděčů podle normy, čistící kapalina toto značení nenapadá. Pozor na popisky lihovými fixami, případně na štítky z papírových etiket.

5. Fyzikálně – chemické vlastnosti

Skupenství:	kapalné		
Barva:	čirá		
Zápach:	mírný		
Bod varu / rozmezí:	180 až 230 °C		ASTM D-86
Zápalná teplota:	> 255 °C		DIN 51794
Bod vzplanutí:	61 °C		ASTM D-93/PMCC
Meze výbušnosti horní mez (% obj.):	0,6		
dolní mez (% obj.):	765		
Tlak par:	2-300 Pa	při 20°C	
Relativní rychlost odpařování:	0,04	n-Butylacetat=1	ASTM D 3539
Specifická hmotnost:	0,781	při 15°C	ASTM D 4052
Viskozita, kinematická:	1,57 mm ² /S	při 25°C	ASTM D 445
Rozpustnost ve vodě:	nemísitelný, nerozpustný		
Elektrická pevnost:	116,0 kV/cm		

6. Balení

Kapalina:	E-40-0002-25	25 l	kanistr
Kapalina:	E-40-0002-00	200 l	sud



2. Čistící přípravek NICRO 1038

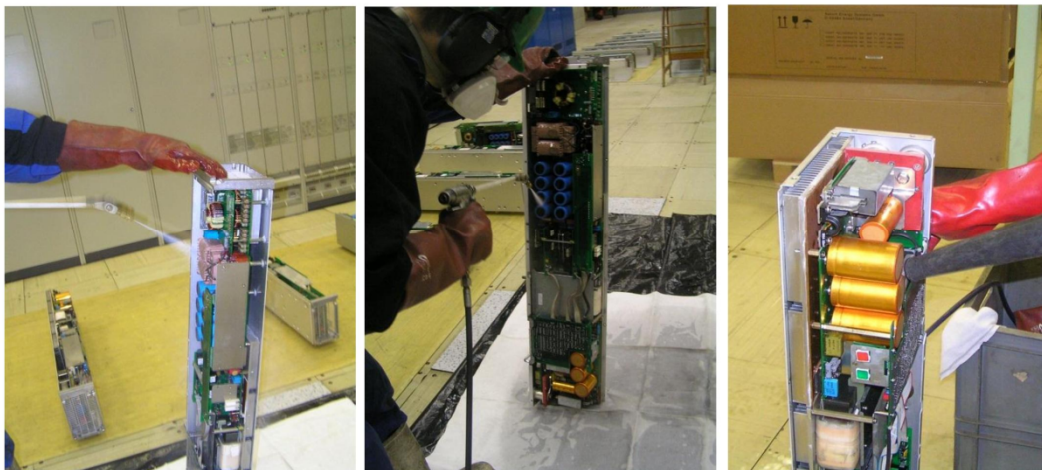
MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1038

SPECIÁLNÍ ČISTÍCÍ A ODMAŠŤOVACÍ PROSTŘEDEK
PRO ELEKTRONICKÁ ZAŘÍZENÍ



1. Produkt

Vysoce účinný prostředek pro čištění a odmašťování veškerých elektronických zařízení. Díky speciálnímu chemickému složení, zaručuje vysoký čistící a odmašťovací účinek, včetně odpaření beze zbytku.

2. Vlastnosti

- * Speciální čistící a odmašťovací prostředek pro elektronická zařízení.
- * Odpaňuje se beze zbytku.
- * Po vyschnutí zanechává lesklý povrch bez šmouh.
- * Špičkové čistící a odmašťovací vlastnosti.
- * Rozpouští veškeré nečistoty.
- * Odstraňuje veškeré nečistoty - prach, olej, tuky, oxidy, zbytky spalin a jiné.
- * Nenapadá a nepoškozuje používané materiály v elektro průmyslu, včetně izolací, barev, plastů, popisů a značení.
- * Nenapadá kovové materiály a nezpůsobuje jejich korozi.
- * Minimalizuje poruchy řídicí a výkonové elektroniky vlivem nečistot a mastnot.
- * Odstraňuje rychle a spolehlivě zbytky silikonů, kyselin a kalafun z desek plošných spojů.
- * Není jedovatý ani karcinogenní.

3. Čistící přípravek NICRO 1065

MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1065

ČISTIČ ELEKTRICKÝCH MOTORŮ, GENERÁTORŮ
A TRANSFORMÁTORŮ

1. Produkt

Vysoce účinný prostředek pro čištění a odmašťování elektrických motorů, generátorů, transformátorů, budičů s pomalým odparem.

Díky speciálnímu chemickému složení, zaručuje vysoký čistící a odmašťovací účinek, včetně pomalého odpaření beze zbytku.



2. Vlastnosti

- * Speciální čistící a odmašťovací prostředek pro silová elektrická zařízení.
- * Pomalé odpaření bez zbytku.
- * Špičkové čistící a odmašťovací vlastnosti.
- * Vhodný na extrémní znečištění.
- * Rozpouští a odstraňuje veškeré nečistoty - prach, olej, tuky, oxidy, zbytky spalin a jiné.
- * Konzistence zajišťuje nanesení dostatečného množství na vertikálních plochách a v záhybech, čímž zajišťuje proniknutí a rozpuštění silného znečištění.
- * Nenapadá a nepoškozuje používané materiály v elektro průmyslu, včetně izolací, barev, plastů, popisů a značení.
- * Při čištění extrémně silných znečištění šetří 1 – 2 operace a snižuje provozní náklady.
- * Nenapadá kovové materiály a nezpůsobuje jejich korozi.
- * Není jedovatý ani karcinogenní.

3. Rozsah použití

- * Elektrické motory
- * Generátory
- * Trafostanice, vzduchové i olejové transformátory
- * Rozvodné skříně

Popůvky 196, 664 41 Troubsko; Tel.: 547424711, E-mail: prodej@cz.motipdupli.com ; www.motipdupli.cz

MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1065

ČISTIČ ELEKTRICKÝCH MOTORŮ, GENERÁTORŮ
A TRANSFORMÁTORŮ

4. Použití

Aplikuje se pomocí vysokotlakého čerpadla při tlaku od 70 – 120 bar na zařízení. Můžete také nanášet mechanickým rozprašovačem, textilií, štětcem ..., podle aktuálních možností a potřeby. Nechte na zařízení působit několik minut a následně zařízení ofoukejte stlačeným vzduchem.

Použití v mycích vanách s čerpadlem a průtokovým štětcem nebo v mycí vaně s cirkulací.

Při použití v mycí vaně aplikujte kapalinu na zařízení průtokovým štětcem, nechte působit kapalinu několik minut (podle aktuálních podmínek a intenzity znečištění 10 až 60 minut), zařízení ofoukejte stlačeným vzduchem a následně zařízení dočistěte kapalinou NICRO 1002 pod tlakem 240 bar. Na závěr zařízení vyfoukejte stlačeným vzduchem nebo dmychadlem.

V případě malých součástek a zařízení je vhodné využít čištění ponorem v kapalině.

Značení rozvaděčů: pokud je značení rozvaděčů podle normy, čisticí kapalina toto značení nenapadá. Pozor na popisky lihovými fixami, případně na štítky z papírových etiket.

5. Fyzikálně – chemické vlastnosti

Skupenství:	kapalné		
Barva:	bezbarvá, čirá		
Zápach:	mírný, charakteristický		
Bod varu / rozmezí:	190 °C		ASTM D-86
Zápalná teplota:	> 230 °C		DIN 51794
Bod tuhnutí:	-50 °C		
Bod vzplanutí:	63 °C		ASTM D-93/PMCC
Tlak par:	100 Pa	při 20°C	
Specifická hmotnost:	0,75 g/cm ³	při 20°C	ASTM D-4052
Viskozita:	1,2 mm ² /s	při 20°C	ASTM D-445
Rozpustnost ve vodě:	nerozpustný		

6. Balení

Kapalina: E-40-0065-25 25 l kanystr



Popůvky 196, 664 41 Troubsko; Tel.: 547424711, E-mail: prodej@cz.motipdupli.com; www.motipdupli.cz

4. Čistící přípravek NICRO 1066

MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1066

PŘEDČISTIČ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ
NA EXTRÉMNÍ ZNEČIŠTĚNÍ - GEL

1. Produkt

Vysoce účinný prostředek pro čištění a odmašťování silně znečištěných elektrických motorů, generátorů, transformátorů, budičů, rozvodných skříní.

Díky speciální gelovité konzistenci a chemickému složení, zaručuje vysoký účinek a provozní úspory.

2. Vlastnosti

- * Speciální čisticí a odmašťovací prostředek pro silová elektrická zařízení.
- * Špičkové čisticí a odmašťovací vlastnosti.
- * Určený na extrémní znečištění.
- * Rozpouští a odstraňuje veškeré nečistoty - prach, olej, tuky, oxidy, zbytky spalin a jiné.
- * Gelová konzistence zajišťuje nanesení dostatečného množství na vertikálních plochách a v záhybech, čímž zajišťuje proniknutí a rozpuštění silného znečištění i v obtížně dostupných místech.
- * Nenapadá a nepoškozuje používané materiály v elektro průmyslu, včetně izolací, barev, plastů, popisů a značení.
- * Při čištění extrémně silných znečištění šetří 1 – 2 operace a snižuje provozní náklady.
- * Nenapadá kovové materiály a nepůsobuje jejich korozi.
- * Není jedovatý ani karcinogenní.

3. Rozsah použití

- * Elektrické motory
- * Generátory
- * Trafostanice, vzduchové i olejové transformátory
- * Rozvodné skříně



MOTIP DUPLI s.r.o.



certifikace: ISO 9001 : 2008

NICRO 1066

PŘEDČISTIČ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ
NA EXTRÉMNÍ ZNEČIŠTĚNÍ - GEL

4. Použití

Aplikuje se pomocí vysokotlakého čerpadla při tlaku cca 50-80 bar na zařízení. Můžete také nanášet mechanickým rozprašovačem, textilií, štětcem ... podle aktuálních možností a potřeby.

Nechte na zařízení působit 5-10 minut a následně zařízení prolijte kapalinou NICRO 1002 pod tlakem až 240 bar. Na závěr zařízení ofoukejte stlačeným vzduchem nebo dmychadlem.

5. Fyzikálně – chemické vlastnosti

Skupenství:	kapalné, tixotropní	
Barva:	mírně zelená	
Zápach:	mírný, charakteristický	
Bod varu / rozmezí:	190 až 245 °C	ASTM D-86
Zápalná teplota:	> 255 °C	DIN 51794
Bod vzplanutí:	61 °C	ASTM D-93/PMCC
Tlak par:	100 Pa	při 20°C
Tlak par:	600 Pa	při 55°C
Relativní rychlost odpařování:	cca 180	Éter = 1
Specifická hmotnost:	0,781 g/cm ³	při 15°C
Viskozita:	1,27 mm ² /s	při 20°C
Povrchové napětí:	26 mN/m	ASTM D-971
Napadání plastů:	při nízké úrovni (podřadný) čištěného plastu je vhodné udělat test kompatibility, především při dlouhodobé expozici.	
Rozpuštěnost ve vodě:	nemísitelný, nerozpustný	

6. Balení

Kapalina: E-40-0066-25 25 l kanystr

