



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

POMOCNÉ POHONY MODERNIZOVANÝCH TROLEJBUSU

AUXILIARY DRIVES OF MODERNIZED TROLLEY-BUSES

BAKALÁRSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL HOUŠT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. VÁCLAV PÍŠTEK, DrSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

student(ka): Pavel Houšť

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pomocné pohony modernizovaných trolejbusu

v anglickém jazyce:

Auxiliary drives of modernized trolley-buses

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nahradit stávající stejnosměrné motory trolejbusu střídavými.

Cíle bakalářské práce:

Nahradit stávající stejnosměrné motory střídavými ve stávajících rozměrových dispozicích.

Navrhnout nové pohony čerpadla pro hydraulické řízení.

Navrhnout pohon vzduchového kompresoru.

Seznam odborné literatury:

REIMPELL, J., STOLL, H., EDWARD, A. The automotive chassis - engineering principles.

Arnold, London 1996.

ISBN 0-340-61443-9.

Gillespie, T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Warrendale,

PA, 1992.

ISBN 1-56091-199-9.

Bosch, R. Automotive Handbook. 5th edition. 2002. Society of Automotive Engineers (SAE).

ISBN: 0837612438

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 11.11.2010

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Dekan fakulty

Abstrakt

Práce popisuje možnost uplatnění modernizace pomocných pohonů trolejbusů nahrazením stejnosměrných elektromotorů za asynchronní elektromotory. Sleduje historický vývoj pohonů od počátku až po současnost. Popisuje výhody a nevýhody. V závěru BP je naznačeno praktické využití nových pomocných pohonů v současných trolejbusech.

Klíčová slova

trolejbus, stejnosměrný elektromotor, pomocné pohony

Abstract

The works describes the possibility of an upgrade by replacing the auxiliary trolley drives for DC motors asynchronous motors. It follows the historical development of the drives from the beginning to the present. It describes the advantages and disadvantages. Finally the practical use of new ancillary drives for trolley.

Key words

trolley-bus, DC electromotor, auxiliary drives

Bibliografická citace

HOUŠŤ, Pavel. *Pomocné pohony modernizovaných trolejbusu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 36 s. Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto závěrečnou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu, ze kterých jsem čerpal informace.

V Brně dne 21.5.2011

.....

podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu závěrečné práce prof. Ing. Václavu Pištěkovi, DrSc., který mi svými radami a zkušenostmi velmi pomohl s vypracováním mé práce.

Chtěl bych také poděkovat kurátoru Technického muzea Brna, který mi umožnil nahlédnout do dokumentace historických vozidel.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
OBSAH	7
ÚVOD	8
1 CÍL MODERNIZACE POMOCNÝCH POHONŮ	9
2 KONSTRUKCE RÁMU TROLEJBUSU	10
3 DRUHY POMOCNÝCH POHONŮ	11
3.1 ZÁVISLÉ POHONY PŘES TRAKČNÍ MOTOR	11
3.1.1 KOMBINOVANÝ POHON	11
3.1.2 PŘÍMÝ POHON	12
3.1.3 POHON PŘES KLÍNOVÉ ŘEMENY	13
3.1.4 TRAKČNÍ MOTOR BEZ ZÁTĚŽE	14
3.2 NEZÁVISLÉ POHONY	14
3.2.1 KOMBINOVANÉ POHONY	14
3.2.1.1 KOMBINOVANÝ POHON SE SPOJKOU	14
3.2.1.2 KOMBINOVANÝ POHON SOUSTROJÍ OLEJ-24 V	16
3.2.2 JEDNODUCHÉ POHONY	18
3.2.2.1 PÍSTOVÝ KOMPRESOR S PŘEVODOVKOU	18
3.2.2.2 PÍSTOVÝ KOMPRESOR POHÁNĚNÝ KLÍNOVÝMI ŘEMENY	19
3.2.2.3 ŠROUBOVÝ KOMPRESOR	20
3.2.2.4 LAMELOVÝ KOMPRESOR	21
3.2.2.5 POHON ČERPADLA	21
4 MODERNIZACE POHONŮ	23
4.1 NAHRAZENÍ STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ MG MOTORY ASYNCHRONNÍMI	23
4.1.1 ASYNCHRONNÍ MOTOR ČERPADLA	23
4.1.2 ASYNCHRONNÍ MOTOR KOMPRESORU	24
4.2 NOVÝ POHON ČERPADLA PRO HYDRAULICKÉ ŘÍZENÍ	24
4.3 NOVÝ POHON VZDUCHOVÉHO KOMPRESORU	26
5 ZÁVĚR	28
Seznam použitých zdrojů	29
Seznam příloh	30

ÚVOD

Trolejbus - pod tímto pojmem se rozumí nekolejové elektrické vozidlo sloužící hromadné dopravě osob nebo nákladů, poháněné jedním nebo více trakčními elektromotory, které odebírají elektrickou energii pomocí sběračů z dvou vodičového trolejového vedení. První pokusy o využití elektrického pohonu u silničních vozidel začínají téměř současně s pokusy o využití elektrického pohonu v kolejové dopravě. Firma Siemens, která předvedla v roce 1879 v Berlíně první elektrickou dráhu, zahájila již dubnu 1882 první zkoušky s elektricky poháněným silničním vozidlem, pro které se ještě ani neužíval název automobil. Toto malé vozidlo poháněné elektromotorem, které odebíralo proud z dvoupólového vrchního vedení pomocí kontaktního vozíčku podalo důkaz o tom, že tento způsob dopravy je možný. [3]

Trolejbus, jako elektrické vozidlo, přímo nabízí možnost uplatnění pomocných pohonů. Samotný rozvoj pomocných pohonů je přímo úměrný rozvoji trolejbusů. Bohužel se neví, jak vypadaly pomocné pohony u prvních trolejbusů. Víím však, jak vypadají dnes a víím, jak vypadaly před padesáti lety. Jak jde vývoj dopředu v oblasti elektroniky a mechatroniky, tak se vyvíjí i pomocné pohony agregátů potřebných pro provoz trolejbusů. Bohužel vývoj elektroniky jde výrazně rychleji kupředu, než zavádění nových trendů pohonů do vozidel. Domnívám se proto, že zavádění moderních pomocných pohonů i do starších trolejbusů je vhodné a potřebné.

1. CÍL MODERNIZACE POMOCNÝCH POHONŮ

1. Nahradit stávající pomocné pohony poháněné stejnosměrnými elektromotory MG, elektromotory asynchronními s využitím střídavého napětí a dodržet stávající rozměrové dispozice

2. Navrhnout nový pohon čerpadla pro hydraulické řízení.

3. Navrhnout pohon vzduchového kompresoru

Modernizace - co je to vlastně modernizace? Pod tímto pojmem si může každý z nás představit cokoli. S klidným svědomím však mohu říci, že modernizace je něco, čím zlepšujeme a zvyšujeme již dříve dané parametry nějakého zařízení a současně bychom měli modernizovanou věc přiblížit co nejvíce současnému trendu vývoje. Modernizací se snažíme vdechnout svěží vzduch do pomalu skomírajícího zařízení. V bakalářské práci (BP) jsem se snažil popsat a fotodokumentací doložit, že i několik desítek let staré trolejbusy, které brázdí ulice Brna od roku 1949 (samozřejmě ty nejstarší), mohou být, a také jsou jiné, i když pod zdánlivě starým kabátem mají kus nového „srdce“.

Je jistě pochopitelné, že kvalitu provedené modernizace ocení nejvíce trolejbusoví odborníci na vysoké technické úrovni, ale ocení ji i řidiči, kteří denně vyjíždí s vozy do ulic, aby přepravili tisíce spoluobčanů a ocení ji i sami cestující, kterým modernizovaný trolejbus poskytne pohodlnější, klidnější a bezpečnější jízdu.

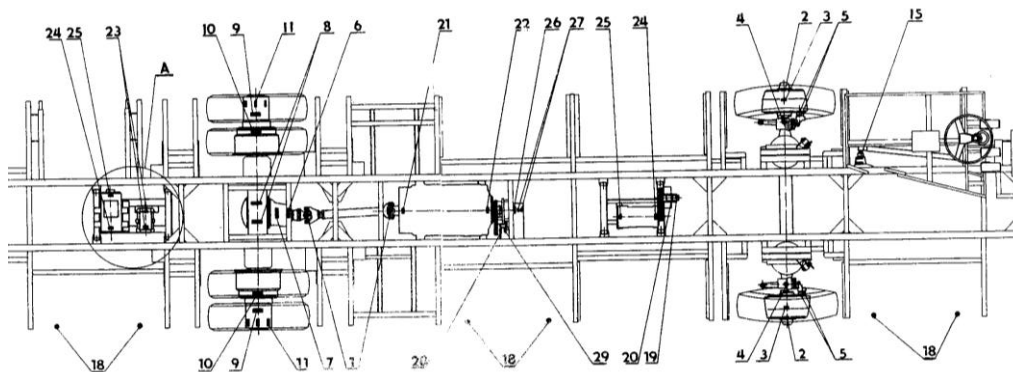
Jsem autorem několika úprav, které můžeme zahrnout do pojmu „modernizace trolejbusů“. V uvedené BP se zaměřím na „modernizaci pomocných pohonů agregátů nezbytných pro provoz trolejbusů“.

Domnívám se, že je rovněž vhodné na tomto místě sdělit, čím se tato práce nezabývá. BP nemá v úmyslu řešit, jak se budou jednotlivé elektromotory pohánět. Tento problém byl vyřešen. Předě mnou stála otázka, co s danými díly. Pokud budu konkrétnější; neřešil jsem problém zdroje střídavého napětí pro asynchronní elektromotory. Byl dán jednoznačný měnič s parametry a fyzickými rozměry. Neřešil jsem zdroj tlakového vzduchu. Opět byl dán konkrétní typ dvouválcového pístového jednostupňového kompresoru, stejně tak bylo dáno zubové olejové čerpadlo pro dodávku tlakového oleje pro posilovač řízení apod.

Zcela jinak by vypadalo řešení bez nějakých omezení. Domnívám se, že právě tato nemalá omezení v řešení problémů ukázala, jak se s danou problematikou dá vcelku úspěšně vypořádat.

2. KONSTRUKCE RÁMU TROLEJBUSŮ

Než rozeberu jednotlivé typy pomocných pohonů, je vhodné stručně popsat, kde se jednotlivé pomocné pohony u trolejbusu nachází.



Obr. 2-1 Rám trolejbusu s pohony [5]

Trolejbus bývá zpravidla dvounápravový, pouze kloubový je třínápravový. Kostra karoserie je samonosná, celokovová, svařená z tenkostěnných uzavřených profilů. Karoserii trolejbusu tvoří celek sestavený z roštu, dvou bočnic, pření a zadní stěny a střechy.

Rošt je svařený ze dvou rovnoběžných podélníků a k nim přivařených příček, také uzavřeného průřezu. Do tohoto roštu jsou zabudovány podvozkové díly, pomocné pohony a trakční elektromotor. Pod pozicemi 19, 20, 24 a 25 je zobrazen pomocný pohon olejového čerpadla, příp. i dobíjení. Za pozicemi 22, 26, 27 a 29 je zobrazen trakční elektromotor s čidlem pro tachograf, variálně i dobíjení a pod pozicemi 23, 24 a 25 je pomocný pohon vzduchového kompresoru. Z obr.2-1 je patrné rozmístění pomocných pohonů včetně trakčního elektromotoru. Je zde vidět, jak byly jednotlivé agregáty po několika letech vývoje a zkušeností s nejuvhodnějším rozmístěním uloženy v rámu s ohledem na rozložení hmotnosti a stabilitu. Proto z tohoto uspořádání budu vycházet.

Pro snížení ztrát v hydraulickém obvodu bývá pomocný pohon pro pohon olejového čerpadla umístěn co nejbližší k posilovači řízení (sloupek). Zpravidla za přední nápravou. Tím se snížila vzdálenost mezi čerpadlem a posilovačem řízení na minimum. Vzdálenost je v tomto případě přibližně kolem 2 metrů.

Pomocný pohon pro stlačený vzduch, se nachází za zadní nápravou. S tím také souvisí rozmístění jednotlivých vzduchových dílů a komponentů. Většina je rozmístěna v zadní části podvozku trolejbusu.

3. DRUHY POMOCNÝCH POHONŮ

Je potřebné si uvědomit, že pomocné pohony se vyvíjely stejně, jako samotná vozidla. Pro lepší pochopení a přehled budu sledovat vývoj pomocných pohonů včetně vývoje samotných trolejbusů. Na základě rozboru jednotlivými typů trolejbusů si lze udělat obrázek, jak se pomocné pohony vyvíjely.

Trolejbusy v provozu využívají několik pracovních médií, které je vhodné pohánět pomocným pohonem. Mezi tyto média patří stlačený vzduch, který se využíval a i nadále využívá hlavně k brzdění vozidla, otvírání a zavírání dveří a nově i pro další vzduchová zařízení, jakými je pneumatické odpružení karoserie, klapky sání, podtlaková houkačka apod.. Dalším provozním médiem, které si zaslouží mít vlastní pohon, je hydraulický olej, určený pro pohon posilovače řízení. Jiné využití hydraulický olej u současných trolejbusů zatím nemá, ale o to je vhodnější, aby posilovač řízení měl samostatný pohon. Na zajištění dodávky ovládacího napětí 12 V resp. 24 V se velmi často zapomíná, jak ukáží v dalším textu. Toto pracovní médium se chová nenápadně a mnoho z nás berou elektrický proud jaksi automaticky, ale o to je důležitější.

Shrnu-li předcházející odstavec, pak z něj jednoznačně vyplývá, že se ve své práci budu zabývat pohonem pro stlačený vzduch, pohonem pro hydraulický olej pro posilovač řízení a napětí 24 V pro ovládání trolejbusu.

3.1 ZÁVISLÉ POHONY PŘES TRAKČNÍ MOTOR

Pod pojmem závislý pohyb si představíme pohon kompresoru, dynamu, alternátoru příp. čerpadla oleje, které jsou závislé na hlavním pohonu, to znamená na trakčním elektromotoru.

3.1.1 KOMB INOVANÝ POHON

Právě první dodaný trolejbus, 6 Tr do Brna, vlastně žádný samostatný pomocný pohon neměl. Tento trolejbus měl dva zdroje pracovních médií, a to dynamo pro dodávku napětí 12 V a vzduchový kompresor pro stlačený vzduch. Oba byly pevně spojeny s trakčním elektromotorem. Bohužel schéma se nedochovalo, ale vozidlo ano, tak mám možnost si uspořádání prohlédnout a popsat. Jak to vypadalo, je možné si prohlédnout na snímku v příl. 1-1.

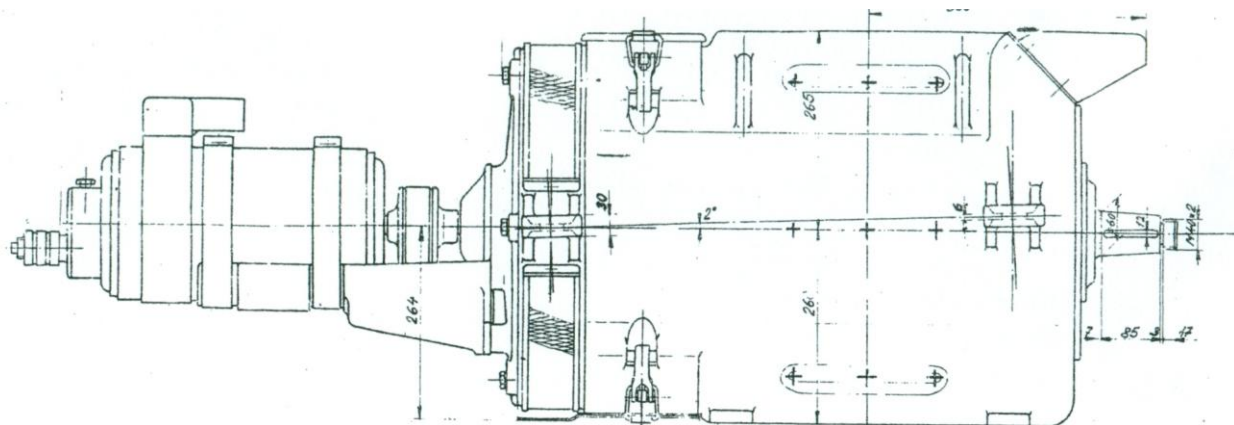
Tento systém by se mohl zdát velmi jednoduchým řešením, ale musíme si uvědomit, že trakční, sériový, čtyřpólový elektromotor o výkonu 96 kW, musel ještě pohánět tříválcový pístový kompresor a dynamo, které nabíjelo 12 V baterii. Je pochopitelné, že kotva trakčního elektromotoru nemohla obě zátěže utáhnout najednou. Byla proto těsně k motoru připevněna převodovka s upravenými vývody pro pohon kompresoru i dynamu.

Při provozu tohoto trolejbusu byly nemalé problémy zvláště na začátku jízdy, kdy vozidlo bylo bez stlačeného vzduchu a muselo brzdit nebo dokonce i zastavit. Z dnešního hlediska mělo vozidlo i další ne příliš vhodné řešení brzd. Brzdy bylo vzducho-kapalinové tl., byly

náchylné na zavzdušnění provozní kapaliny a na nedostatek stlačeného vzduchu. Z vyprávění pamětníků jsem se dozvěděl, že zastavování při výjezdech nebo na začátku službu se muselo uskutečňovat přes ruční brzdu, kterou tvořila rohatka se západkou.

Dostatek vzduchu měl zajistit tříválcový kompresor pověšený na elektromotoru. Tento typ kompresoru to dokázal, avšak až po určité době provozu. Dalším přístrojem umístěným na elektromotoru, bylo dynamo, které zajišťovalo dodávku 12 V napětí pro baterii. Opět zde mohu pouze konstatovat ne příliš příjemnou věc, že veškeré dobíjení baterie probíhalo pouze při jízdě trolejbusu. Je smutné, že s tímto druhem dobíjení baterie se setkám ještě v dalších odstavcích BP, tak jak budu jednotlivé druhy pohonů popisovat. Předem mohu prozradit, že tento druh dobíjení (nazvaný jako hlavní), konstruktéři vyřešili někdy kolem roku 1990 tj, přibližně za čtyřicet let.

3.1.2 PŘÍMÝ POHON

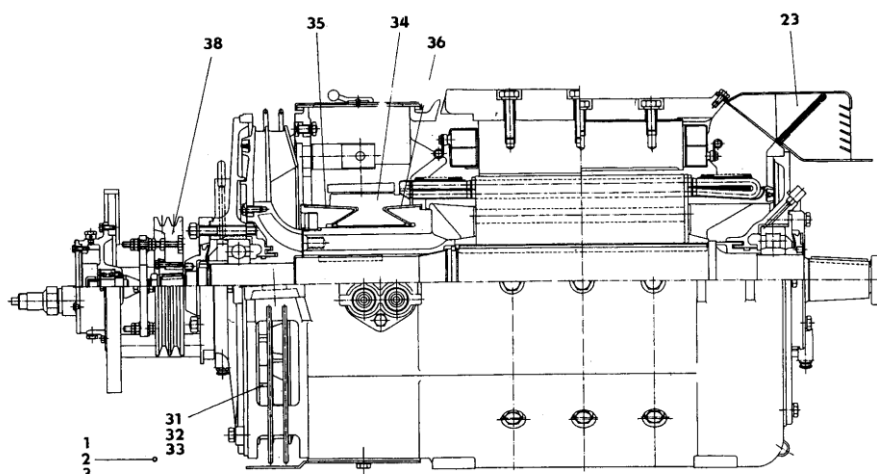


Obr. 3-1 Přímý pohon dynamo [4]

Z obr.3-1 je patrné, že nám z trakčního elektromotoru zmizela převodovka a kompresor, kterému dali konstruktéři první samostatný pohon. O tom však později.

Stále však máme nepříjemnost s dobíjením 12 V baterie, které se děje jen za pohybu trolejbusu. Úplně vlevo je možné rozpoznat první pokusy o převodovku pro rychloměr. Skutečné provedení je zachyceno na snímku v příloze. 1-2.

3.1.3 POHON PŘES KLÍNOVÉ ŘEMENY



Obr. 3-2 Pohon přes klínové řemeny [5]

Na obr.3-2 je vidět další typ dobíjení, které zajišťoval trakční elektromotor. Jak je patrné ze schématu, jde jen mírně změněný trakční elektromotor. Na pravém víku je připevněna konzola pro uchycení alternátoru. Na vyčnívajícím konci hřídele statoru je přes pero připevněna řemenice (38), která pomocí klínových řemenů pohání alternátor. Další komplikací, ke které vedla tehdejší legislativa, byla nutnost sledování rychlosti, což vedlo k další složitosti. Ač se konstruktéři snažili sebe víc, vymysleli složitý mechanismus. Pro zvýšenou komplikovanost je k řemenici a současně ke konzole připevněna převodovka pro pohon rychloměru. Skutečné provedení je zobrazeno na snímku v příloze 2-1.

V předchozí části jsem uvedl, že dobíjení baterie a výroba proudu pro obvody 24 V probíhají jen za provozu trolejbusu tj., když vozidlo jede. Při stání se čerpá elektrická energie z akumulární trakční baterie. Toto vcelku nepraktické řešení z pohledu dnešní doby, přináší více nevýhod než výhod. Opět se setkáváme s přenosem kroutícího momentu přes klínové řemeny z řemenice motoru na alternátor. K tomu se nám přidal velmi choulostivý prvek a to je převodovka pro rychloměr. Tato převodovka je koncipována jako planetový převod se stojícím oběžným kolem. Celý převod je mazaný převodovým olejem, který velmi často vytékal a docházelo k zadření planetového převodu. Přenos z převodovky na řemenici motoru se děje pomocí gumové spojky spojené s řemenicí motoru šrouby, které se často přestřihly. Takto poškozené šrouby potom poškodily řemeny a vozidlo přestalo dobíjet. Postupem času se v rozporu požadavkem na sledování rychlosti, upustilo od převodovek rychloměru. Tím se sice snížila poruchovost, ale celkový problém dobíjení to nevyřešilo. Vzhledem k tomu, že trakční elektromotor je napájen přímo z vedení 600V, musí být i toto řádně odizolováno.

3.1.4 TRAKČNÍ MOTOR BEZ ZÁTĚŽE

Z trakčního motoru nám zmizel i alternátor, který byl zapojen na samostatný pohon. Zůstalo pouze čidlo pro tachograf, které pracuje jako generátor impulsů pro záznamovou jednotku. Tímto uspořádáním se využíval maximální výkon trakčního elektromotoru. Jak to vypadá, ve skutečném provedení zobrazuje snímek v příloze 2-2.

3.2 NEZÁVISLÉ SAMOSTATNÉ POHONY

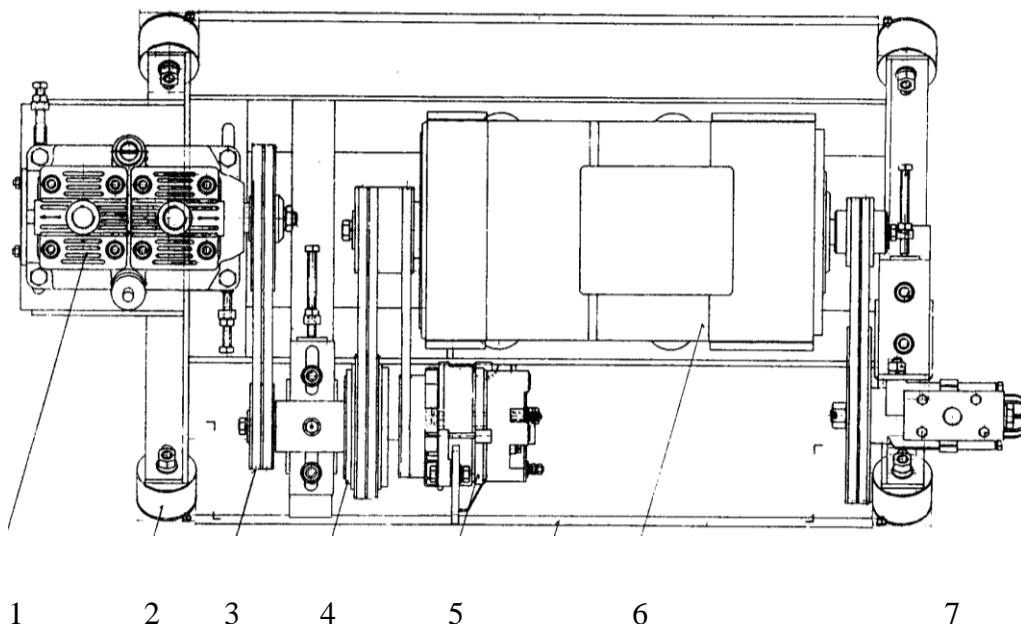
Za nezávislý pomocný pohon je považován pohon jakéhokoli agregátu pomocí samostatného elektromotoru. Tyto elektromotory mohou pohánět jeden, dva případně jak již bylo dříve uvedeno i všechny tři, pro trolejbus důležité, zdroje pracovních médií.

3.2.1 KOMBINOVANÉ POHONY

Do této skupiny pohonů jsem zařadil pohony, které pohání více jak dva agregáty. Ukážeme si dva druhy, z nichž jeden je zcela nevyhovující a druhý naopak nejvýhodnější, který byl se stejnosměrnými elektromotory sestrojen.

3.2.1.1 KOMBINOVANÝ POHON SE SPOJKOU

První pokus o kombinovaný pohon s jedním elektromotorem, jenž má dva koncové hřídelové vývody je zobrazen na obr. 3-3. Ukážeme si konstrukční řešení, které mělo v době svého vzniku nahradit dva samostatné pomocné pohony, ale realita byla v tomto případě vzdálená původní myšlence. Bohužel skutečné provedení se nezachovalo z důvodů, které popíši níže, avšak podařilo se mi složit maketu tohoto provedení. Viz. příloha 3-1.



Obr. 3-3 Kombinované soustrojí se spojkou [5]

U tohoto kombinovaného samostatného pomocného pohonu, byl poprvé využit stejnosměrný elektromotor MG se dvěma vývodovými hřídeli, na které se navěsily všechny agregáty pro výrobu pracovních médií. Kompresor, alternátor a čerpadlo. Toto řešení se uvádělo do provozu z důvodu snižování hmotnosti trolejbusů. Se zvyšující se technickou úrovní vozidel, se úměrně zvyšuje i hmotnost. Pro orientaci se pohybujeme okolo roku 1985, kdy se začal sériově vyrábět typ 14 Tr, jehož hmotnost se pohybovala okolo 10500 kg. Zhruba od tohoto roku je možné se setkat také s kloubovým vozidlem. Nicméně umístění i počet pomocných pohonů je stejné, jako umístění odpovídající prvotní myšlence. Co nám tedy toto řešení mělo přinést? V prvé řadě mělo nahradit jeden MG elektromotor pro pohon čerpadla řízení, který se používal před tímto řešením. Hmotnost se tím měla snížit o více jak 100 kg a ubrat jeden poruchový element. Byl tedy zvolen motor MG (6) se dvěma hřídeli, kde se na jeden jeho konec připojilo olejové čerpadlo (7) pro pohon řízení. Tedy stejné uspořádání jako u samostatného pohonu. Druhý konec byl z pohledu prvního přetížen. Bylo zvoleno řešení se širokou, tří drážkovou řemenicí. Osamocená drážka měla pohánět pomocný (ve slengu malý) alternátor (5). Zbývající dvě drážky měly za úkol pohánět elektromagnetickou spojku (3,4). Tří drážková řemenice se velmi často vyráběla z izolačního materiálu, kterým byl např. sklotextit. Toto mělo zvýšit izolaci, což se podařilo, ale měkký sklotextit se velmi často v drážkách opotřeboval a bylo nutno řemenice často měnit.

Přes elektromagnetickou spojku byl poháněn dvou pístový vzduchový kompresor (1). Spínání spojky bylo řízeno elektromagnetickým ventilem, který přitáhl cívku spojky, jakmile klesl tlak vzduchu pod stanovenou mez. Sepnutí spojky bylo řešeno přes trojúhelníkovou planžetu, která přitáhla věnec s drážkami pro klínové řemeny pro pohon kompresoru. Na první pohled krásné řešení, ale praxe ukázala řadu jeho nedostatků, které stručně popíši.

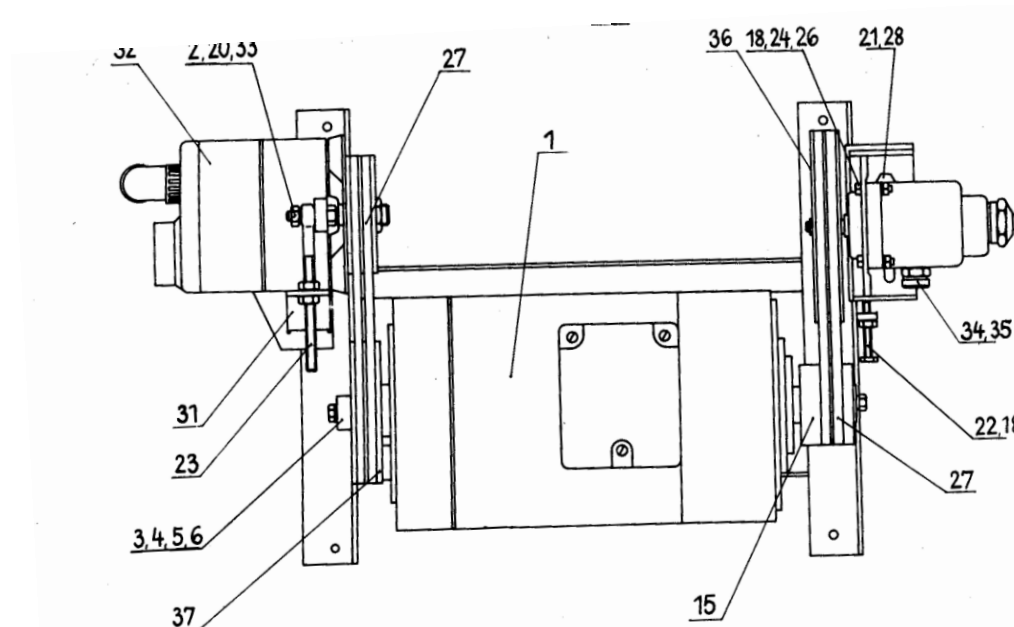
Jako nejslabší místo se ukázala právě ona nešťastná elektromagnetická spojka. Velké množství rotujících částí spojky. Velká složitost upevnění přitahovací cívky. Malá pevnost tělesa spojky s hřídelí a ložiskovým uložením. Často se musela ložiska měnit z důvodu velkého namáhání hřídele pro napínání z obou stran. Časté spínání chodu kompresoru mělo za následek i nepravidelnosti chodu a vibrace.

Dalším problémem, který však řešil výrobní závad, byl velmi složitý řemenový převod. Na tak malém prostoru a pro tolik různých potřeb otáček značný problém. Každý díl potřeboval ke svému optimálnímu chodu různé otáčky. Z motoru vycházely konstantní otáčky, pomocný alternátor potřeboval jiné otáčky, spojka se poháněla stejnými otáčkami jako pomocný alternátor, ale kompresor požadoval zcela jiné.

Další nevýhodou tohoto soustrojí je samotný dvou-hřídelový elektromotor MG. Hřídel elektromotoru (kotva) je značně namáhán na ohyb, který se současně otáčí. A protože se stále zabývám elektrickými motory, nesmím zapomínat na izolaci celého pomocného soustrojí. V tomto případě je to velmi složité. Položka (2) není izolační prvek, ale pružný prvek (silentblok), který zachycoval značné vibrace. Také vystředění jednotlivých rovin pro klínové řemeny a řemenice, přinášely další komplikace. Rovněž posunutí olejového čerpadla pro

posilovač řízení o zhruba 8 m více dozadu vedlo k tomu, že se použilo samo odvzdušňovací řízení. Bylo použito velké množství spojovacích prvků u trubek, množství odboček a jiných tvarových komponentů. Nepatrně jsem se dotknul malého alternátoru. Ten měl zajistit pomocnou dodávku elektrického napětí 24 V při stání vozidla. Myšlenka opět dobrá, ale v praxi se neukázala jako nejlepší. Z elektrického hlediska se nám střetávali dva proudy. To byl však oříšek pro konstruktéry přes elektroinstalaci. Z pohledu pohonu, však další komplikace. Pokud se na jedné straně ušetřilo „pár“ kilogramů, tak na druhé straně se „zvýšil“ počet problematických uzlů. Mimo problémy, které jsem popsal se nezískala žádná výrazná výhoda. Tento druh pomocného pohonu, se příliš v praktickém provozu neosvědčil, a proto byl nahrazen jiným pomocným pohonem, který se do konstrukce trolejbusů dostal okolo roku 1990.

3.2.1.2 KOMBINOVANÝ POHON SOUSTROJÍ OLEJ - 24 V



Obr. 3-4 Soustrojí olej - 24 V [6]

Na obr.3-4 již je vidět vcelku zdařilé řešení. Konstruktéři ponechali elektromotor MG (1) se dvěma vývodovými hřídeli. Na každém hřídeli je umístěno jedno zařízení. Na pravém hřídeli je kovová řemenice (15) pro pohon olejového čerpadla posilovače řízení (18,24,26). Na samotném olejovém čerpadle je izolovaná řemenice (3). Přenos otáček se děje přes pár klínových řemenů (27). Na druhém konci elektromotoru je pro změnu izolovaná řemenice motoru (37). Tato strana hřídele pohání alternátor (32) rovněž pomocí páru klínových řemenů. Tento pomocný pohon se může z hlediska provozu jevit jako ideální. A praktický provoz tohoto uspořádání to jen potvrdil.

Pomocný pohon se vrátil do přední části rámu. Elektromotor napájený přímo z troleje se otáčí ihned po nastartování trolejbusu. Olejové čerpadlo je tak blízko posilovače řízení a dodává olej pro řízení okamžitě. Alternátor se také ihned otáčí a vyrábí proud 24V pro potřebu ovládacích a řídicích obvodů. Viz snímek v příloze 3-2.

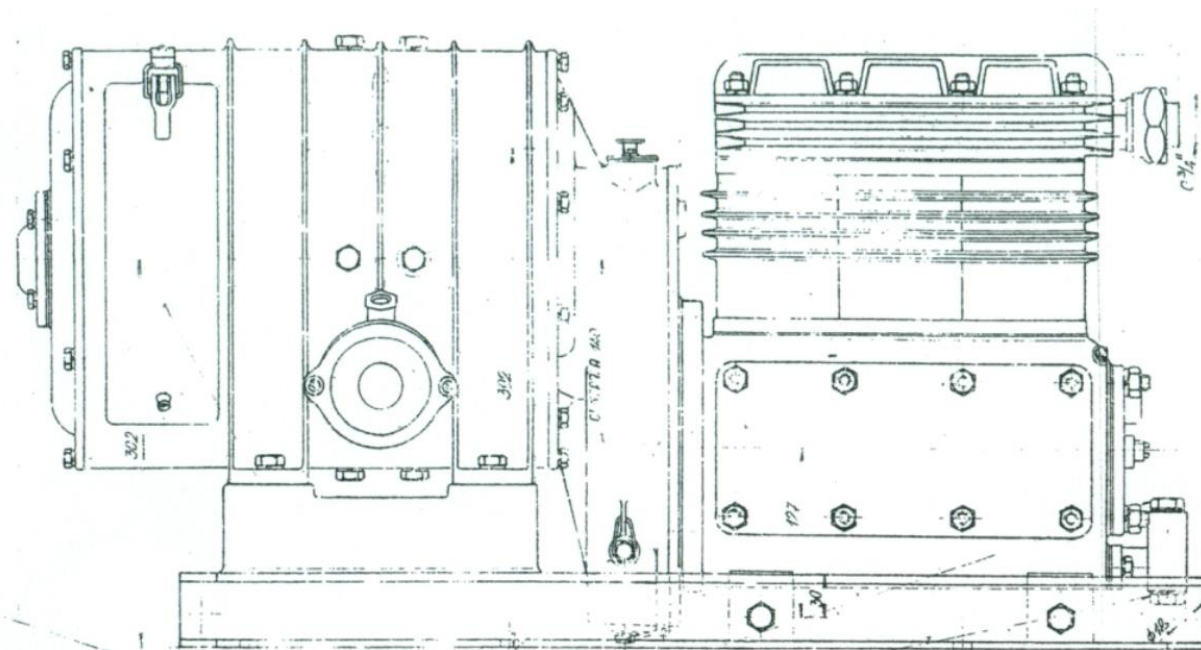
Devadesátá léta minulého století znamenala u trolejbusů tuzemské výroby z hlediska pomocných pohonů u nichž se používaly MG elektromotory vrchol. Pro stručné shrnutí jen uvedu. Potřebnou dodávku stlačeného vzduchu zajišťuje vzduchový kompresor poháněný samostatným kompresorovým soustrojím umístěným v zadní části vozidla za zadní nápravou. Tlakový olej a napětí 24 V zabezpečuje, resp. vyrábí samostatné soustrojí „olej - vzduch“ umístěné v přední části vozidla za přední nápravou. Trakční elektromotor je bez zatěžujících komponentů a na krátkém vývodovém hřídeli je umístěno jen zařízení pro rychloměr. Již to není planetová převodovka, ale jen čidlo se snímačem.

3.2.2 JEDNODUCHÉ POHONY

Mezi jednoduché pohony, jak už napovídá název, jsem zařadil pomocné pohony, které pohání jen jeden agregát. K těmto pohonům patří pohon vzduchového kompresoru a olejového čerpadla.

3.2.2.1 PÍSTOVÝ KOMPRESOR S PŘEVODOVKOU

Někdy kolem roku 1953 přišli konstruktéři s řešením, kdy k pohonu vzduchového kompresoru přidali vlastní elektromotor. Toto se poprvé uskutečnilo u trolejbusu typu 7 Tr. V praxi je používáno zažitého výrazu „kompresorové soustrojí“. Viz snímek v příloze 4-1 a schéma na obr.3-5.

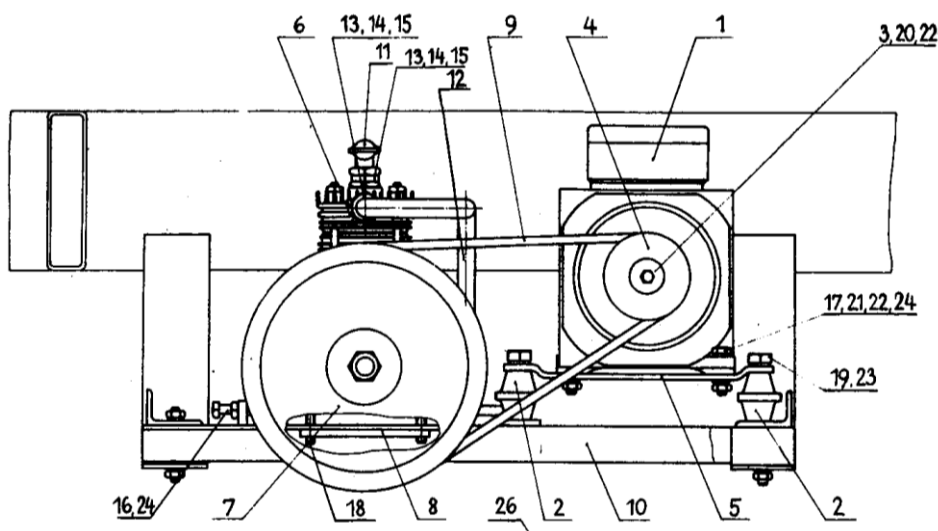


Obr. 3-5 Pístový kompresor s převodovkou [5]

Na svou dobu to byl zásadní a revoluční zásah do konstrukce trolejbusů. Od této doby měly trolejbusy první samostatný pomocný pohon. Z hlediska provozu a údržby to však nebyla až taková výhoda.

Na schématu obr.3-5 a také na fotografii v příloze 4-1 je vidět mohutný stejnosměrný elektromotor typu AU napájený přímo z trakčního vedení napětím 600 V, který pohání tří válcový levotočivý vzduchový kompresor. Tedy stejný typ, jako u pohonu na trakčním elektromotoru. Mezi elektromotorem a vzduchovým kompresorem je čelní zubová převodovka. Mohu se domnívat, že toto spojení nebylo zcela ideální. Jen utěsnění uvedené převodové skříně muselo v tehdejší době dělat značné problémy. Avšak větší problémy musela dělat převodovka sama o sobě, jak se rozbíhala. Mechanická převodovka resp. zubové převody nedovolují žádný prokluz a tak vzduchový kompresor musel čelit mnoha rázům za směnu, zvláště při každém jeho rozběhu.

3.2.2.2 PÍSTOVÝ KOMPRESOR POHÁNĚNÝ KLÍNOVÝMI ŘEMENY



Obr. 3-6 Pístový kompresor poháněný klínovými řemeny

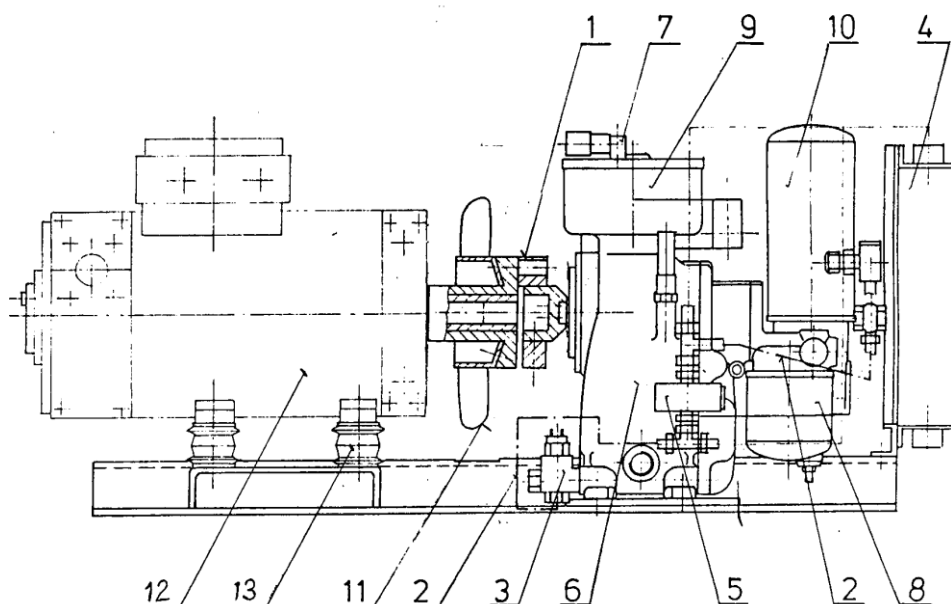
U pohonů kompresorů můžeme na základě přílohy 4-2 vidět mírné pokroky v konstrukci celého kompresorového soustrojí. Nejdříve se změnil samotný vzduchový kompresor. A změna doznal také samotný elektromotor.

Vyobrazený pomocný pohon se na první pohled zdá velmi jednoduchým. Tento druh kompresorového soustrojí se nachází v rámu trolejbusu v zadní části za zadní nápravou. Vzduchový kompresor (6) je přichycen k rámu (10). Na tomto rámu je přes izolátory (2) připevněn elektromotor MG (1). Oba komponenty spojuje pár klínových řemenů (9) přes řemenici na elektromotoru (4) a izolační řemenici na kompresoru (7). Ostatní položky zobrazují a popisují další součásti potřebné pro uchycení, které však nejsou z mého pohledu důležité.

Výhodou je bezesporu nezávislost „výroby“ stlačeného vzduchu na otáčení trakčního elektromotoru trolejbusu. Samostatný MG elektromotor je napájený přímo z trolejové sítě a přes klínový řemen otáčí kompresorem. Rovněž je velmi důležité, aby kompresor měl správné otáčky. Vhodný poměr nám udává velikost jednotlivých řemenic. K této problematice se ještě vrátím při návrhu vhodného řešení u asynchronního pohonu. Především je nutné upozornit na dodržení předepsaného izolačního stavu. Dodržení izolace je zajištěno keramickými izolátory u motoru a vložení izolační příruby do řemenice kompresoru. Také je vhodné poukázat na nedostatky, které se během provozu vyskytly. Jednou z častých poruch bylo, a také ještě jsou, poruchy elektromotoru MG. Tyto motory trpí tím, že jsou napájeny napětím 600V, přitom spolehlivě vydrží okolo 400V. Velmi často se propálí kotva rotoru, rychle se opotřebovávají kontaktní uhlíky a ani příruby ložisek nejsou zcela vhodně navrženy. Další častou poruchou je také poškození klínových řemenů, které pracují v páru. Příčinou je převážně špatné vystředění

řemenic po montáži, kdy se klínové řemeny „obrousí“ o hrany řemenic. Další porucha, která se občas vyskytla je zadření kompresoru. Tento typ poruchy můžeme přičíst na vrub neodpovědné údržby. Na fotografii v příloze 4-2 je znázorněno skutečné provedení.

3.2.2.3 ŠROUBOVÝ KOMPRESOR



Obr. 3-7 Šroubový kompresor [3]

Mezi agregáty, které měli být přínosem pro zvýšení kvality a životnosti, lze zařadit rotační šroubový kompresor. Schéma uspořádání pohonu šroubového vzduchového kompresoru je znázorněno na obr.3-7 a skutečné provedení ukazuje fotografie v příloze 5-1.

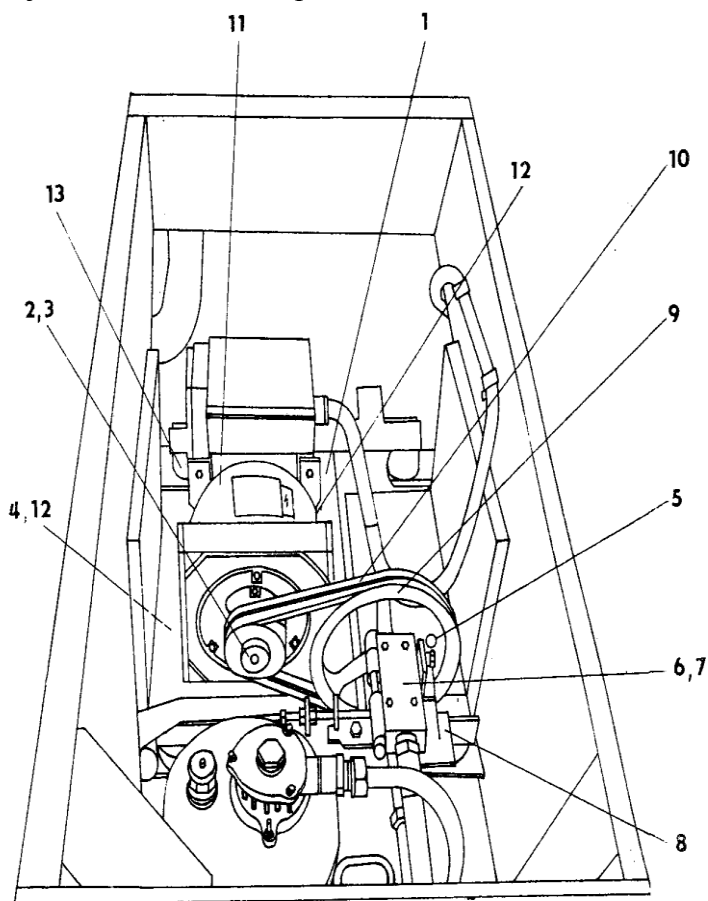
Rotační šroubový kompresor (6) je poháněn MG elektromotorem (12) s jedním vývodovým hřídelem. Pohon je zajištěn přímo, tedy bez klínového převodu nebo převodovky. Na hřídeli je izolační vložka s ventilátorem (11), který za chodu chladí vlastní kompresorovou jednotku. Na kompresorovém hřídeli je uchycena příruba s pružnou spojkou „megiflex“ (1) pro zachycení rázů. To vše je spojeno s izolační vložkou motoru. Toto jednoduché řešení je však velmi náročné na souosost hřídelů elektromotoru a kompresoru. Také samotná kompresorová jednotka má své nedostatky. Samotné šroubové rotory se musí za chodu neustále přimazávat. Tlakový vzduch se musí olejové mlhy zbavit. To se děje v odlučovači oleje (10). Samotný mazací olej se velmi ohřívá a je potřebné ho chladit v chladiči (4). V trolejbusích pracuje kompresor v nepravidelných intervalech, což znamená, že spíná a vypíná chod podle aktuální spotřeby vzduchu. Tento zvolený typ kompresoru není na takovou zátěž stavěný. Lépe by mu vyhovoval nepřerušovaný provoz. Jisté přednosti však toto kompresorové soustrojí má. Hlavní výhodou je výrazně tišší chod při čerpání a téměř žádné vibrace. Nic méně se od tohoto soustrojí upouští a to hlavně z ekonomického hlediska. Vysoká pořizovací cena a vysoké náklady na provoz a údržbu jsou těmi hlavními důvody.

3.2.2.4 LAMELOVÝ KOMPRESOR

Ještě je vhodné se okrajově zmínit o dalším typu kompresoru, který se na trolejbusích objevil. Jedná se o rotační lamelový kompresor. Funkčně je shodný jako kompresor šroubový i provozně je na tom stejně. Přesto se tento typ používá hlavně u nízkopodlažních vozidel a to z prostorových důvodů, kdy potřebujeme mít co největší nízkopodlažní plochu a všechny komponenty, které mohou pracovat na střeše, umístit právě tam.

3.2.2.5 POHON ČERPADLA

Okolo roku 1976 se poprvé sériově objevuje samostatný pohon pro posilovač řízení. Je to u trolejbusu 9Tr. Zde je potřebné dodat, že až do této doby bylo řízení trolejbusu posilováno stlačeným vzduchem. Také je možné uvést, že u tohoto druhu pohonu, nedošlo k žádným změnám. Fotografie v příloze 5-2 ukazuje celkový pohled na pomocný pohon olejového zubového čerpadla..



Obr. 3-8 Pohon olejového čerpadla

Tento pomocný pohon označovaný také jako „hydraulické soustrojí“, vneslo do technické úrovně trolejbusů další kladné body. Pokud si uvědomíme, že se nacházíme na konci 80 let minulého století, je nám jasné, že pokud mají trolejbusy konkurovat individuální dopravě

a autobusům, musí se do vozů zařazovat nové a modernější prvky. Zařazením výše uvedeného pomocného pohonu bezesporu přispělo ke zlepšení ovladatelnosti trolejbusu.

Trolejbus je o poznání lehčeji ovládaný, než vozidlo se vzduchovým posilovačem. Dále toto řešení přispělo k nemalým úsporám stlačeného vzduchu, který může být využit i jinak (např. pro odpružení sedadla řidiče, vzduchové odpružení karoserie apod.).

Pro toto soustrojí se, jako na dlani, nabízí prostor těsně za přední nápravou. Pokud se vrátím o několik stránek nazpět, lze zde najít jistou analogii s kompresorovým soustrojím. Opět je tady pomocný elektromotor MG (11) spojený s olejovým čerpadlem (6,7) přes řemenici čerpadla (9) a řemenici motoru (2,3) pomocí dvou klínových řemenů (10). Ostatní položky jsou důležité pro uchycení celého soustrojí k rámu, které nemají podstatný vliv na samo soustrojí. Nutno opět dodat, i zde je elektromotor napájený přímo z trolejového vedení, tedy stejnosměrným napětím o jmenovité hodnotě 600 V a proto je nezbytně nutné zajistit izolační pevnost celého soustrojí. Jak už bylo naznačeno, tento pomocný pohon je umístěn co možná nejbližší k posilovači řízení. Pokud budeme hledat výhody, najdeme pohodlnost a lehkost ovládání vozu. Při hledání nevýhod, narazíme na stejné nevýhody jako u kompresorového soustrojí. Ovšem místo zadřené vzduchového kompresoru si můžeme zaznamenat jinou závadu. Touto závadou je nedostatek oleje v nádržce, případně je tento olejový systém zavzdušněný. Eliminovat tuto závadu se konstruktéři pokusili dodáním samo od vzdušňovacím posilovačem řízení maďarské výroby, ale pro další poruchy se od něj v dalších letech upustilo a více se důvěřovalo, a stále důvěřuje, standartnímu řešení, tedy s manuálním od vzdušňováním.

Přidáním tohoto pomocného soustrojí do rámu trolejbusu se nepatrně, ale pomalu zvyšuje hmotnost celého vozidla. Porovnáme-li vozidlo 6 Tr s hmotností 9600 kg s vozidlem nyní po 40 letech se dostáváme se na hmotnost 10500 kg. Je to jen nepatrný nárůst, ale je potřeba si uvědomit, že i tento malý nárůst může mít vliv na stav vozovky, konstrukční prvky apod.

4. MODERNIZACE POHONŮ

Na přelomu tisíciletí se velmi rychle rozvíjí elektronika, mikroelektronika a polovodičová technologie. To přispívá k masovému zavádění měničů, které mění stejnosměrné trakční napětí na napětí střídavé. V mém případě se budu zabývat přeměnou napětí 600 V stejnosměrného na napětí 3 x 400 V střídavého. Obdobně tomu je i na dráze, ovšem asi ve větší míře. Střídavé napětí se bude používat pro jednotlivé pomocné pohony, jak jsme již popsal v předchozím textu. V dalším se budu zabývat modernizací trolejbusů typu 14Tr všech výrobních sérií, protože při modernizaci vozidla se na výrobní sérii rozhodující zřetel nebral. Hlavním kritériem byl aktuální technický stav a teoretická perspektiva do budoucna. A protože jsem skončil téměř u ideálního stavu, budu z tohoto stavu v dalším vycházet. Jen pro ilustraci u současného trakčního elektromotoru není žádné zařízení, které je nutné samostatně pohánět, proto se zaměřím na kompresorové soustrojí a soustrojí olej - 24 V. Vzhledem k tomu, že u modernizovaných skupin neexistují žádné schematické náčrty, budu se pro názornost odvolávat na přílohy.

4.1 NAHRAZENÍ STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ MG MOTORY ASYNCHRONNÍMI

Nahradit stejnosměrné elektromotory asynchronními se může zdát jako vcelku jednoduchý úkol. Avšak, já jsem si položil otázku „Existuje nějaká vazba mezi elektromotory ohledně jejich výkonu?“. Sice jsem hned v úvodu své práce uvedl, že se nebudu zabývat navrhováním asynchronních elektromotorů, což taky dodržím, ale přece jen jsem se tímto problémem zabýval alespoň z pohledu profesního. Nikde jsem nenašel žádnou informaci, že tato vazba existuje a tuto informaci mi potvrdili i moji kolegové s elektrotechnickou odborností. Je možné tedy nahradit elektromotory podle výkonu. Avšak zvolil jsem elektromotory s jinou výkonovou charakteristikou.

4.1.1 ASYNCHRONNÍ MOTOR ČERPADLA

Pro usnadnění rozhodování volby asynchronního elektromotoru použiji tabulku (tab.4-1), ve které porovnávám několik důležitých parametrů.

tab. 4-1 náhrada motoru čerpadla

	stejnosměrný motor MG	asynchronní motor
výkon	3,6 kW	2,2 kW
délka přes hřídele	595 mm	330 mm
hmotnost	96 kg	17 kg
cena (průměrná)	65.000,-Kč	3.500,-Kč

Rozdíl ve výkonu je způsobený tím, že budu pohánět pouze zubové olejové čerpadlo. Nový elektromotor olejového čerpadla je koncipován jako patkový.

4.1.2 ASYNCHRONNÍ MOTOR KOMPRESORU

Také u nového elektromotoru kompresoru si pro snadnější rozhodování pomohu tabulkou (tab.4-2), ve které je porovnáváno několik důležitých parametrů.

Tab. 4-2 náhrada motoru kompresoru

	stejnoseměrný motor MG	asynchronní motor
výkon	2 kW	3 kW
délka přes hřídele	490 mm	370 mm
hmotnost	63 kg	21 kg
cena	55.000,-Kč	4.800,-Kč

Rozdíl ve výkonech elektromotorů pro samostatný pohon vzduchového kompresoru jsem konzultoval s pracovníky, co elektromotor navrhli. Silnější motor je u kompresoru z důvodu spolehlivosti, trvanlivosti ap. Již dříve jsem v textu uvedl, že kompresor pracuje nepravidelně, tj. neběží trvale a časté vypínání, ale hlavně spínání má velký vliv na životnost a bezporuchovost motoru.

4.2 NOVÝ POHON ČERPADLA PRO HYDRAULICKÉ ŘÍZENÍ

Úprava rámu pro nové hydraulické soustrojí a dodávku 24 V je konstrukčně náročnější. Do původního prostoru soustrojí se musí vtěsnat nový asynchronní elektromotor, statický měnič, zubové olejové čerpadlo posilovače řízení a nádobku s hydraulickým olejem. Rozměrově největší je statický měnič. Při úpravě budu proto vycházet z umístění měniče. Po umístění měniče do daného prostoru, je možné umístit další uvedené agregáty. Výhodou je, že z prostoru vypadl alternátor.

Statický měnič je v současnosti velmi moderní a používané zařízení, které se používá k přeměně stejnosměrného napětí na napětí střídavé. Největšího rozmachu používání statických měničů je právě v dopravě, a to nejen v železniční, ale také v silniční, převážně v trolejbusové. Právě trolejbusy dlouhá léta používaly stejnosměrné elektromotory na pohon pomocných pohonů. Použití statických měničů umožňuje nejen zavedení střídavých elektromotorů, ale v mém případě i nahradit zdroj dobíjení, alternátor. Alternátor, jako zdroj střídavého proudu, je točivý stroj a jako takový i potenciální zdroj poruch. Navíc statický měnič dodává napětí v téměř konstantních hodnotách. Naproti tomu alternátor se otáčí v otáčkách motoru, které mohou kolísat, a vyrobené napětí je třeba usměrňovat.

Statický měnič se současnými parametry je ještě rozměrné a těžké zařízení. Čím více různých výstupů je po měniči požadujeme, tím je rozměrově větší a samozřejmě těžší. Já po uvedeném měniči chci zajistit dodávku střídavého proudu pro pomocný elektromotor kompresoru, který

má výkon 3 kW. Dále chci dodávat střídavý proud pro pomocný elektromotor pohonu čerpadla s výkonem 2,2 kW a v neposlední řadě chci dobíjet baterii o napětí 24 V. Jak z uvedeného plyne požadavků je dost a navíc se z praktického provozu vykrytalizoval požadavek na krátkodobé dodávky napětí při přerušení trakčního napájecího napětí 600 V ze sítě. Všechny tyto požadavky dokáže správně navržený měnič splnit, ale to vše je na úkor rozměru a hmotnosti.

Původní rám soustrojí byl k vlastnímu roštu trolejbusu připevněn přes přivařené patky. Na těchto patkách byl přes gumové silentbloky přišroubován rám soustrojí. Vzhledem k vysoké hmotnosti měniče a jeho rozměrům není možné použít původní patky. Bylo nutné pro měnič navrhnout a zhotovit rám nový. Patky se upálily a navařil se zcela nový rám. Tento rám byl svařen z „L“ profilu do tvaru jakéhosi „U“ tvaru. Do tohoto nového rámu byl potom vsazen vlastní měnič. Tento měnič při chodu nevibruje, proto se upevnil bez gumových silentbloků, avšak keramické izolátory jsou nutností. Skutečné provedení je znázorněno v příloze 6-2.

Do stejného prostoru byl rovněž umístěn zcela nový rám pro pomocný elektromotor olejového čerpadla posilovače řízení. Díky uvážené konstrukci, bylo možné použít dvě ze čtyř původních patek. Rám se zkonstruoval jako nepravidelný „L“ tvar. Pro tento rám byl zvolen také „L“ profil hutního materiálu. Žádné výpočty se neprováděly. Rám se vyrobil na základě provozní praxe. V další části se budu zabývat samotným soustrojím.

Jsou dány otáčky asynchronního motoru, dále dány potřebné otáčky olejového čerpadla, je dána délka klínového řemene a průměr řemenice olejového čerpadla.

Z uvedeného plyne, že je potřebné vypočítat průměr řemenice elektromotoru, který se určí z jednoduchého vztahu

$$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 = \frac{880 \text{ min}^{-1}}{2880 \text{ min}^{-1}} 230 \text{ mm} = 70,2 \text{ mm}$$

kde D_2	mm	je průměr řemenice motoru čerpadla
n_1	min ⁻¹	jsou zvolené otáčky čerpadla (pro čerpadlo jsou doporučené otáčky od 700 do 3000 min ⁻¹)
n_2	min ⁻¹	jsou jmenovité otáčky motoru čerpadla,
D_1	mm	je průměr řemenice čerpadla

Po zaokrouhlení je navržen průměr řemenice

$$D_2 = 70 \text{ mm}$$

Navržená řemenice je celokovová, s drážkou pro pero a je uchycená šroubem k hřídeli elektromotoru. Takto navržená řemenice byly vyrobená v souladu s normou ČSN 02 3180 vlastními silami v dílnách dopravního podniku.

Pro kontrolu jsem vypočítal rozteč řemenic, jestli se nově navržené soustrojí vejde do navrhovaného prostoru rámu vozidla.

Rozteč řemenic olejového soustrojí je možné určit ze vztahu

$$a_1 = 0,25 \left\{ \left[L_{w_1} - \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) \right] + \sqrt{\left[L_{w_1} - \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) \right]^2 - 2(D_1 - D_2)^2} \right\} =$$

$$= 0,25$$

$$\left\{ \left[907 \text{ mm} - \frac{\pi}{2} (230 \text{ mm} + 70 \text{ mm}) \right] + \sqrt{\left[907 \text{ mm} - \frac{\pi}{2} (230 \text{ mm} + 70 \text{ mm}) \right]^2 - 2(230 \text{ mm} - 70 \text{ mm})^2} \right\}$$

$$= 202 \text{ mm}$$

kde a_1 mm je rozteč řemenic nového olejového soustrojí

L_{w_1} mm je výpočtová délka klínového řemene

D_1 mm je průměr řemenice čerpadla

D_2 mm je průměr řemenice motoru čerpadla

Velikost rozteče vyhovuje a jsem schopen toto soustrojí do prostoru umístit.

4.3 NOVÝ POHON VZDUCHOVÉHO KOMPRESORU

Rám vzduchového kompresoru a pevně vymezený prostor pro toto soustrojí téměř nevyžaduje žádné úpravy. Vlastní úpravy spočívají jen ve změně uchycení nového elektromotoru a kompresoru. Pro jednoduchost se rám vyráběl nový, opět z „L“ profilů, ze kterých jsou zhotoveny téměř všechny rámy. Na vlastním roštu ponecháváme původní patky, na které jsem posadil nově zhotovený rám. Vše je znázorněno na fotografii v příloze 6-1.

Pro nový elektromotor je potřebné vypočítat a vyrobit řemenici motoru. Opět jsou dány provozní otáčky vzduchového kompresoru, průměr řemenice kompresoru, otáčky nového asynchronního elektromotoru a délka klínového řemene.

Průměr řemenice vypočteme podle jednoduchého vztahu

$$D_4 = \frac{n_3}{n_4} D_3 = \frac{1000 \text{ min}^{-1}}{2880 \text{ min}^{-1}} 320 \text{ mm} = 111,2 \text{ mm}$$

kde D_4 mm je průměr řemenice motoru kompresoru
 n_1 min⁻¹ jsou jmenovité otáčky kompresoru
 n_2 min⁻¹ jsou jmenovité otáčky motoru kompresoru
 D_3 mm je průměr řemenice kompresoru

Po zaokrouhlení jsem navrhl průměr řemenice elektromotoru

D_4 volíme 110 mm

Navržená řemenice je celokovová, s drážkou pro pero a je uchycená šroubem k hřídeli elektromotoru. Takto navržená řemenice byly vyrobená v souladu s normou ČSN 02 3180 vlastními silami v dílnách dopravního podniku.

Pro toto soustrojí nemám výrazné prostorové omezení, přesto si ze vztahu ověřím rozteč řemenic

$$a_2 = 0,25 \left\{ \left[L_{w2} - \frac{\pi}{2} (D_3 + D_4) \right] + \sqrt{\left[L_{w2} - \frac{\pi}{2} (D_3 + D_4) \right]^2 - 2(D_3 - D_4)^2} \right\} =$$

$$= 0,25$$

$$\left\{ \left[1400\text{mm} - \frac{\pi}{2} (320\text{mm} + 110\text{mm}) \right] + \sqrt{\left[1400\text{mm} - \frac{\pi}{2} (320\text{mm} + 110\text{mm}) \right]^2 - 2(320\text{mm} - 110\text{mm})^2} \right\}$$

$$= 346,2 \text{ mm}$$

kde a_2 mm je rozteč řemenic nového kompresorového soustrojí
 L_{w2} mm je výpočtová délka klínového řemene
 D_3 mm je průměr řemenice kompresoru
 D_4 mm je průměr řemenice motoru kompresoru

Výpočtem jsem si ověřil, že se kompresorové soustrojí rozměrově vejde na navržený rám.

5. ZÁVĚR

Tato rešeršní bakalářská práce si dala za úkol nahradit stejnosměrné elektromotory asynchronními a jejich zabudování do stávajících prostor rámu trolejbusu. Byl popsán vývoj pomocných pohonů, byly ukázány některé nedostatky dosavadního řešení a bylo zvoleno, navrženo a do praxe uvedeno i řešení vhodné náhrady stejnosměrných elektromotorů.

První cíl práce: nahradit stejnosměrné elektromotory asynchronními elektromotory byl uveden v kapitole 4.1, kdy jsem pomocí tabulek ukázal, že vhodnost asynchronních elektromotorů je hlavně z hlediska ekonomického a snížení hmotnosti. Nevýhodou je zvýšení celkové hmotnosti trolejbusu o hmotnost statického měniče. Volba měniče však nebyla předmětem řešení bakalářské práce.

Druhý cíl práce: navrhnout nový pohon olejového čerpadla byl popsán v bodě 4.2. Nové řešení spočívalo hlavně ve stanovení optimální velikosti řemenice na elektromotoru. Pomocí výpočtů a výkresu, který není součástí této práce, se podařilo řemenici vyrobit. Další problém se jevil se statickým měničem. Také umístění celého soustrojí do původního prostoru se zdařilo.

Třetí cíl práce: navrhnout nový pohon vzduchového kompresoru byl popsán v bodě 4.3. Navrhnout nový pohon v podstatě spočíval jen ve výpočtu a zhotovení nové řemenice elektromotoru pro pohon vzduchového kompresoru, což se úspěšně rovněž podařilo.

Celkově je možné konstatovat, že zavádění asynchronních elektromotorů pro pomocné pohony trolejbusu je výhodné, protože asynchronní elektromotory jsou levnější, lehčí, spolehlivější a dostupnější.

Seznam použitých zdrojů

- [1] SHIGLEY, Joseph, E., MISCHKE, Charles, R., BUDYNAS, Richard, G. *Konstruování strojních součástí*. Brno : Vysoké učení technické, Nakladatelství VUTIUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [2] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Vyd. 3 uprav. a doplň. Praha : Scientia, spol. s r.o., pedagogické nakladatelství, 2000. 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [3] HOLUB, L., VYCHODIL, P., ČERMÁK, J. *Atlas trolejbusů*. Vyd. 1. Praha : Nakladatelství dopravy a spojů, 1986. 192 s., 157 obr.
- [4] ZÁVOD V.I.LENINA PLZEŇ, n.p. *Technický popis trolejbusu 8 Tr výrobní série 8,9,10*. 1959. 41 s. 64 příl.
- [5] OTS ŠKODA k.p., závod Ostrov, *Trolejbus Škoda 14 Tr*. propagační oddělení, závod Ostrov. 1988. 123 s. 54 obr.
- [6] ŠKODA OSTROV s.r.o., *Pomocná soustrojí 600 V (kompresor. soustrojí TR 401) trolejbusu 14 Tr a 15 Tr*. Technický popis, návod na obsluhu a údržbu. Vydáno v říjnu 1994. 28 s., sešit 10a.
- [7] ŠKODA, ZÁVOD OSTROV. *Pomocná soustrojí 600 V trolejbusu 14 Tr a 15 Tr*. OTS - propagace Škoda Ostrov. 1989. 14 s., sešit 10.

Seznam příloh

(foto vlastní)

1-1 kombinovaný pohon

1-2 přímý pohon

2-1 pohon přes klínové řemeny

2-2 motor bez zátěže

3-1 kombinovaný pohon se spojkou

3-2 kombinovaný pohon soustrojí olej - 24 V

4-1 pístový kompresor s převodovkou

4-2 pístový kompresor poháněný klínovými řemeny

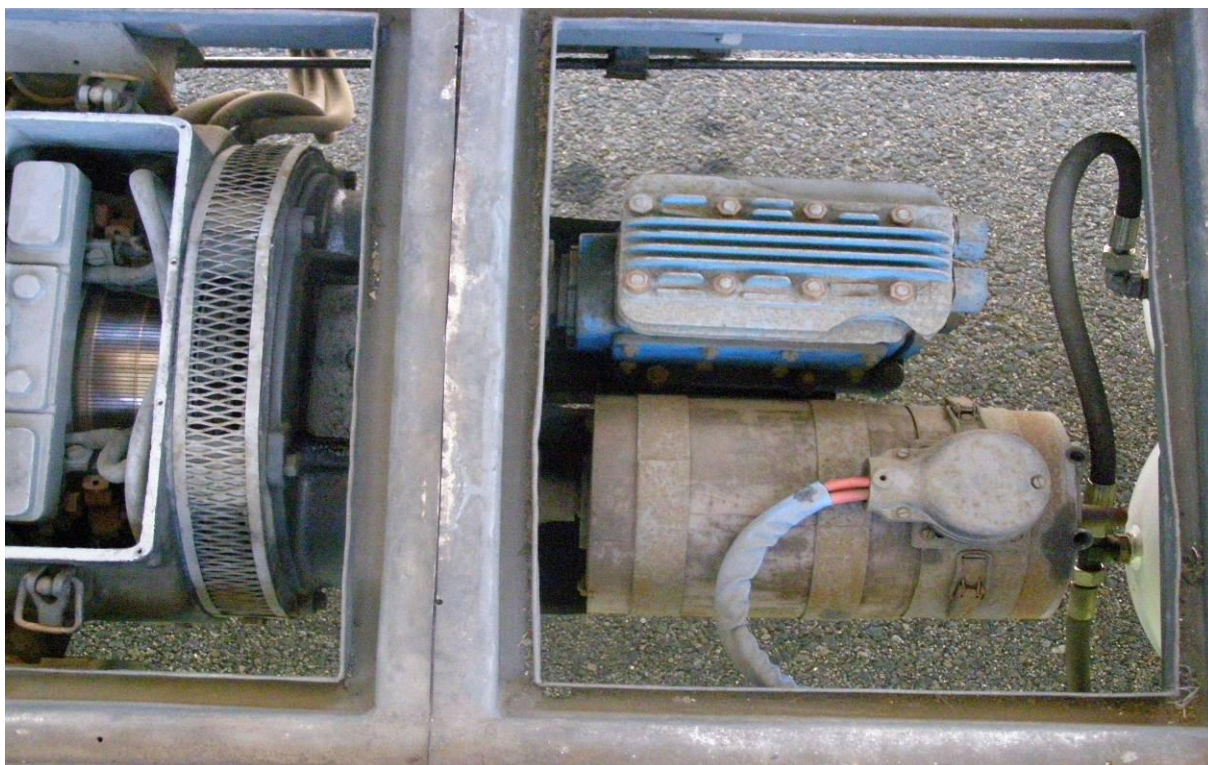
5-1 šroubový kompresor

5-2 pohon čerpadla

6-1 nový pohon kompresoru

6-2 nový pohon čerpadla

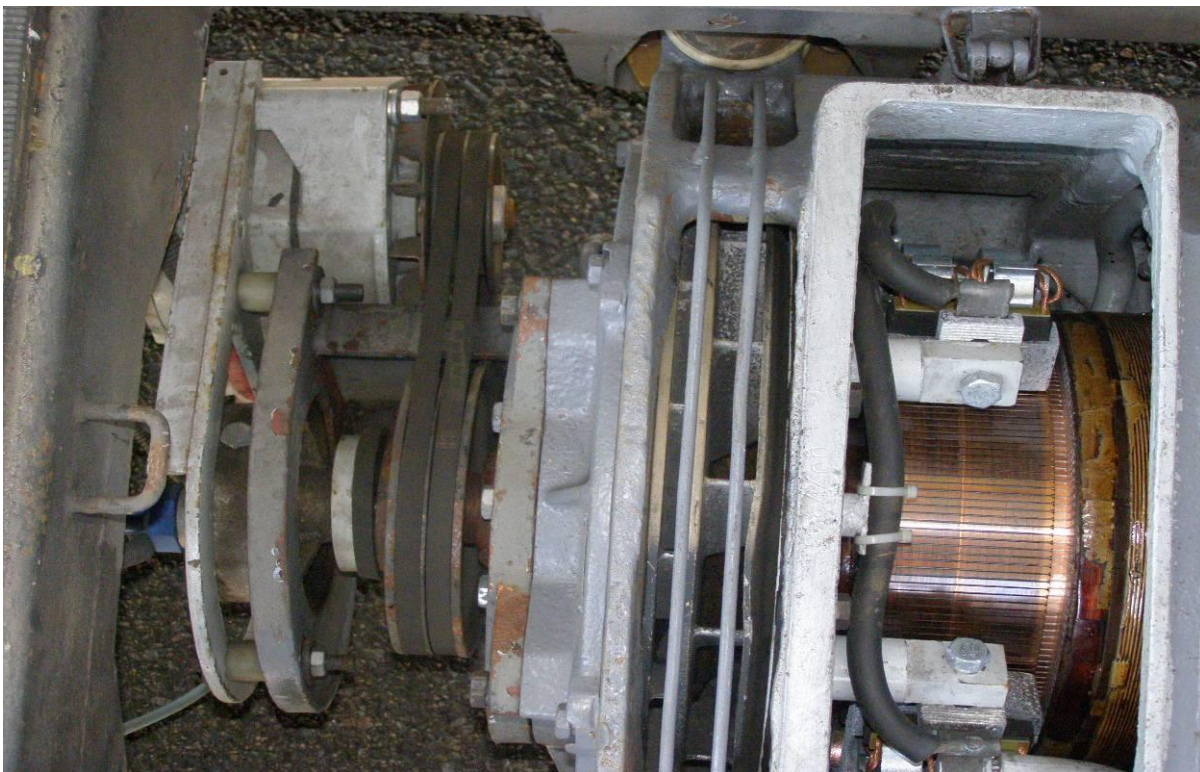
příloha 1-1



příloha 1-2



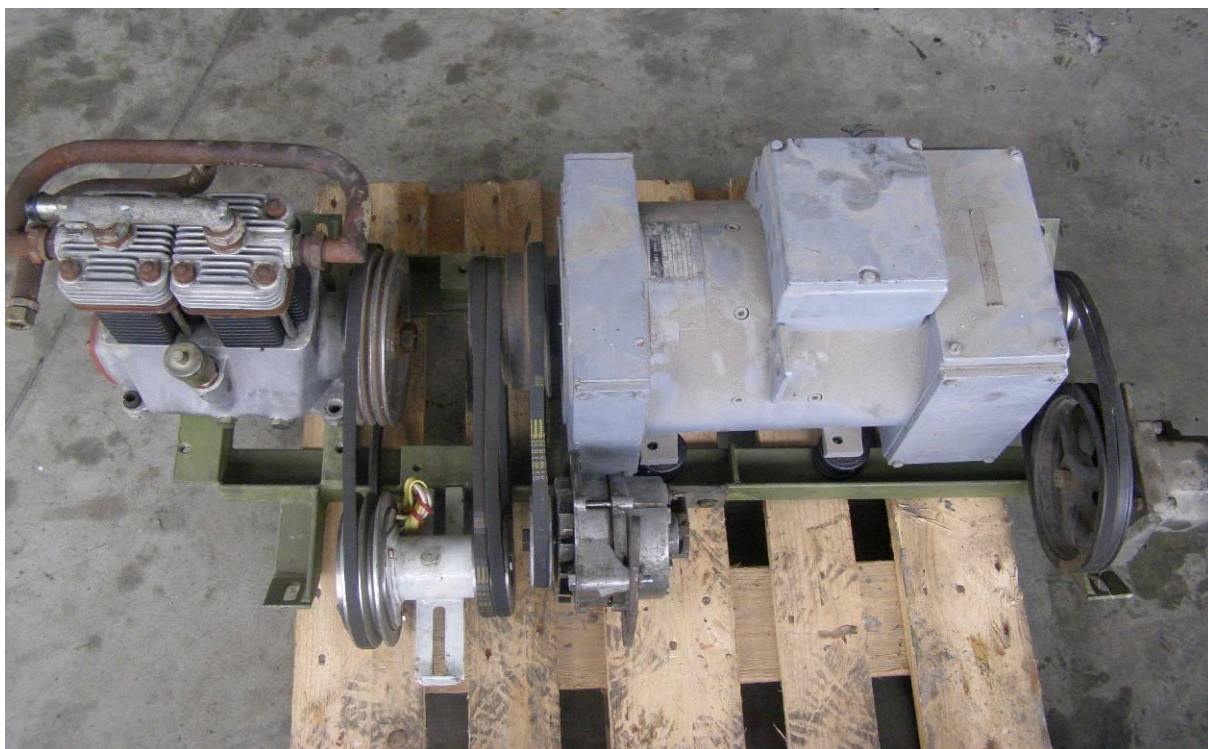
příloha 2-1



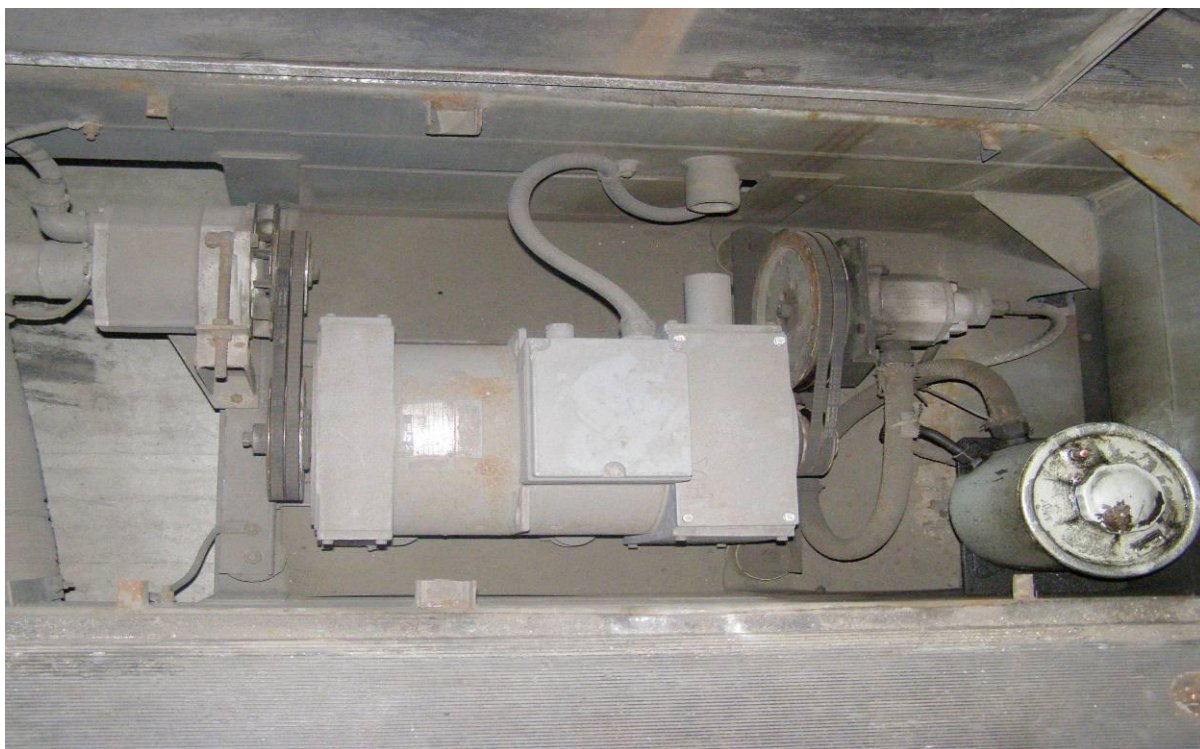
příloha 2-2



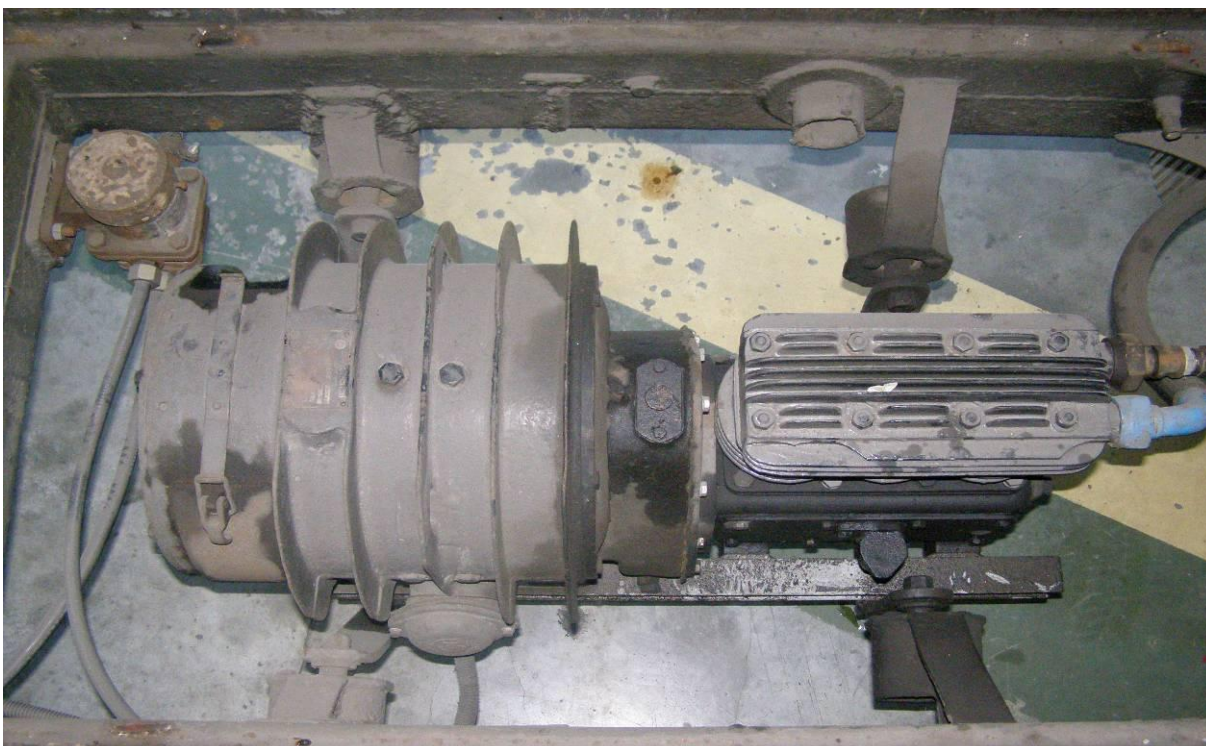
příloha 3-1



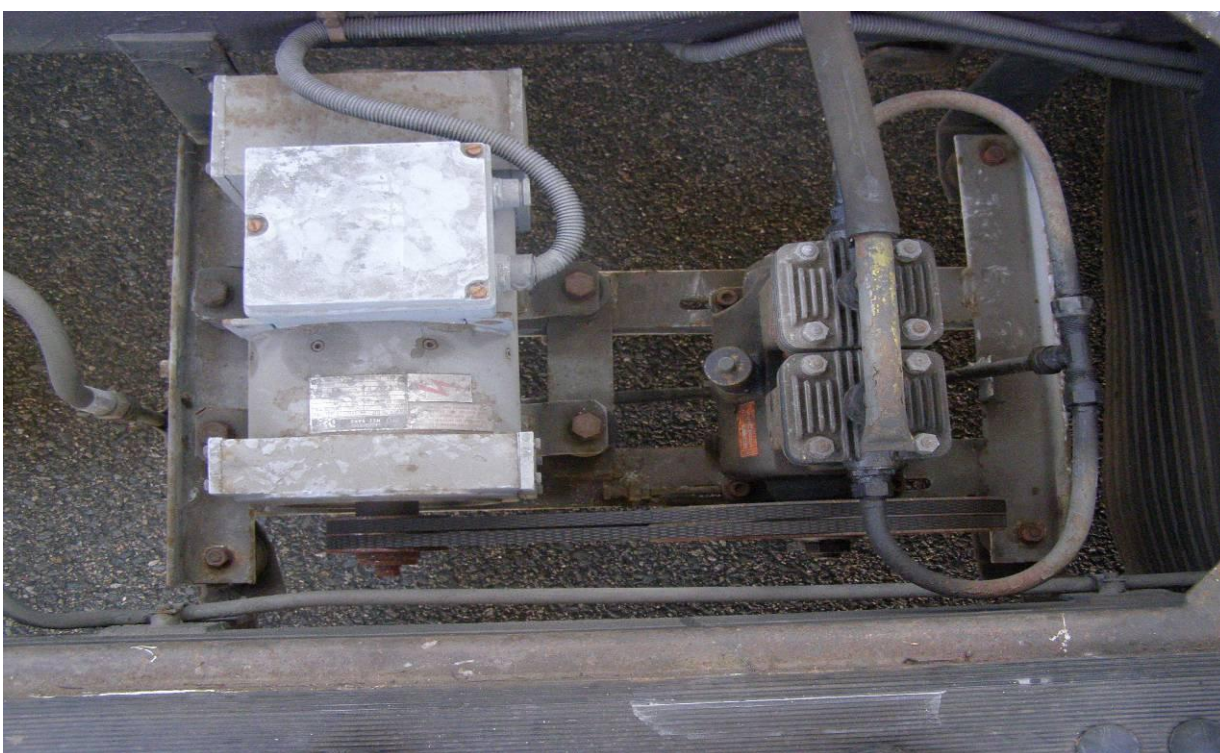
příloha 3-2



příloha 4-1



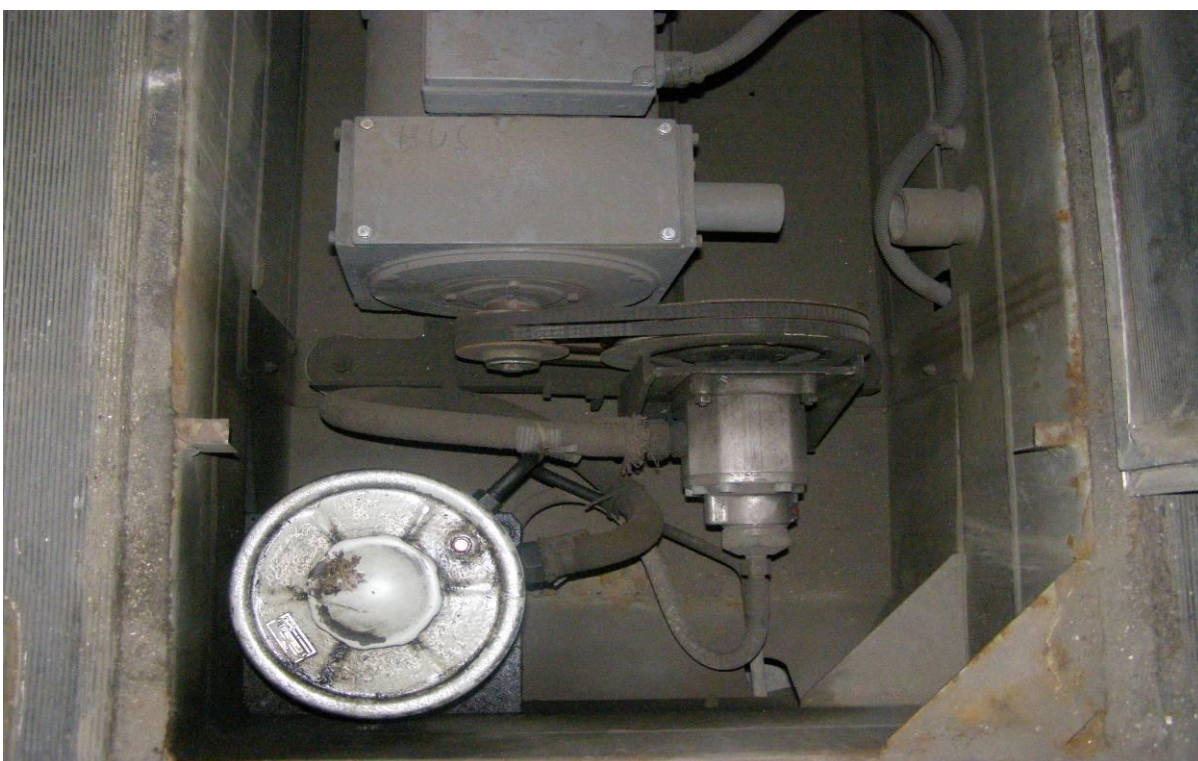
příloha 4-2



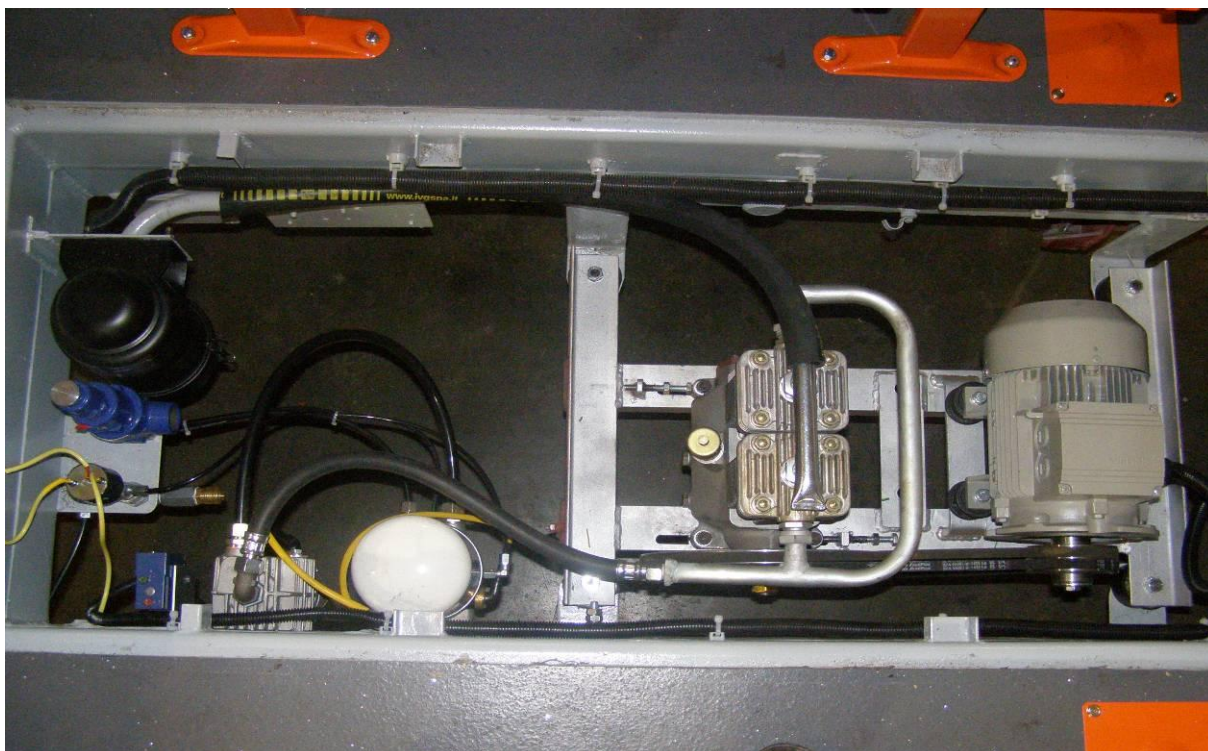
příloha 5-1



příloha 5-2



příloha 6-1



příloha 6-2

