

ABSOLVENTSKÝ PROJEKT

Náhradní zdroje elektrické energie

A – výzkumný projekt

Autor: Filip Šváb

Studijní obor: 78-42-M/01 ŠVP: Technické lyceum

Školní rok: 2012/2013

Kód třídy: 09L

ANOTACE

V této práci jsou popsány záložní zdroje elektrické energie. V první části práce jsou uvedeny jejich typy, fyzikální principy jejich činnosti a výhody (resp. nevýhody) jednotlivých typů těchto zdrojů. V rámci praktické části práce byly proměřeny hlasitosti vybraných typů záložních zdrojů, které jsou instalovány v různých provozech.

ANNOTATION

The work describes the standby sources of electrical power. The first part of the work introduces the types, the physical principles of their work and the advantages or rather the disadvantages of each of them. The practical part contains the results of the volume range measurement of the standby sources of electrical power in different types of buildings (hospital, factory, ...).

1 Úvod

Tuto práci jsem si vybral proto, že se o dieselagregáty zajímám již velmi dlouho. Přes 5 let již pravidelně pomáhám dědovi při jejich opravách a čištění, a proto mě zajímaly některé jejich vlastnosti. Zejména jsem chtěl vědět, jaká je hlasitost zvuku (v tomto případě spíše hluku), který tyto agregáty vydávají. Z vlastní zkušenosti vím, že pracovat přímo u nich je opravdu velmi nepříjemné pro uši. Současně mě zajímalo, jaké jsou případně rozdíly mezi jednotlivými typy dieselagregátů z hlediska hluku, ale i konstrukce a dalších vlastností.

2 Záložní zdroje

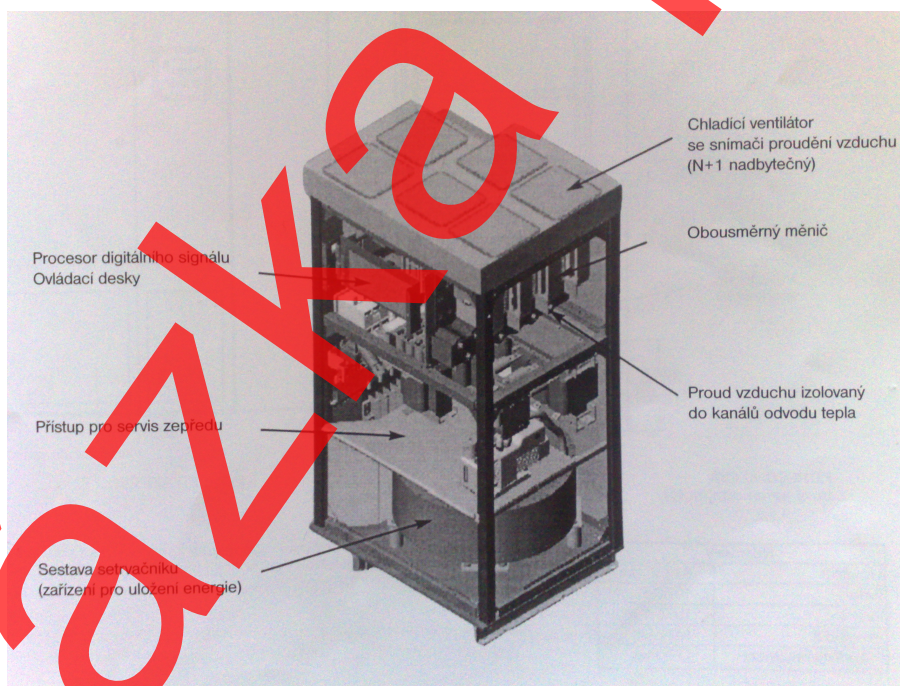
Rozvoj technologií je stále poháněn lidskou potřebou. Přerušení dodávky elektrického proudu, přerušení činnosti důležitých přístrojů a zařízení nebo zhaslá světla jsou hlavními problémy už dlouhá léta. Nouzové napájecí systémy byly použity již za druhé světové války na námořních lodích. V boji mohly lodě přijít o funkčnost jejich primárního zdroje energie - parního stroje. To by však znamenalo jejich zkázu, protože bez energie nemohly dále pokračovat v boji. Proto byly vybudovány sekundární zdroje energie. Pro tento účel byly používány dieselagregáty, které byly velmi často poruchové nebo byly přímo ničeny. Přechod z běžného zdroje elektrické energie na tento záložní zdroj byl přitom ovládán manuálně. To znamenalo, že i když byl po jisté, třeba i velice krátké době k dispozici náhradní zdroj energie, tak existoval jistý časový interval, kdy nebyla žádná elektrická energie k dispozici. To mohlo ve svém důsledku vést až ke zničení válečné lodě případně jiného drahého zařízení. Během manuálního přepínání na záložní zdroj přestaly totiž fungovat její obranné mechanismy (střediska navigace, řízení palby, ovládání dělových věží, výtahy pro střelivo a další). Tato skutečnost vedla k rozvoji náhradních zdrojů elektrické energie. Po skončení druhé světové války se to příznivě projevilo i v běžném životě. Postupně bylo vyvinuto několik typů záložních zdrojů, které se používaly či stále ještě používají v praxi. V následujících kapitolách budou popsány některé z nich.

3 UPS

UPS (*Uninterruptible Power Supply*) je záložní zdroj napájení, které zajišťuje přívod elektrické energie s konstantním regulovaným výstupním napětím v době, kdy je přerušena dodávka elektrické energie z hlavního zdroje. UPS může napájet pracovní stanice, servery nebo další zařízení, která by jinak v důsledku výpadků energie přestala fungovat nebo ztratila data. K vývoji UPS vedla okolnost, že nejnovější technologie vyvinuté na bázi počítačů a komunikačních systémů nepřípouštějí přerušení dodávky elektrického proudu.

3.2.4 Rotační UPS (RUPS)

Základní popis rotační UPS je jednoduchý V relativně malé „skříní“ je umístěn setrvačnick o hmotnosti 273 kg rotující s frekvencí 7700 otáček za minutu v obalu, ze kterého se neustále vakuovou pumpou odčerpává vzduch, aby měl setrvačnick při otáčení co nejmenší odpor. Zvýšený odpor proti pohybu by měl negativní vliv na jednotlivé části zařízení - např. by se opotřebovávala nosná hřídel. Celé těleso setrvačnicku ještě „levituje“ na elektromagnetickém polštáři. Energocentrum je zapojeno tak, že při napájení z elektrorozvodné sítě prochází elektrický proud několika filtry, které upravují výstupní napětí a filtrují šumy, přepět'oví špičky apod. Vstupní napětí však napájí také rotační UPS, která udržuje setrvačnick na výše uvedených 7700 otáčkách. V okamžiku, kdy nastane výpadek externího napájení, tak setrvačnick začíná ihned vyrábět elektrický proud, přičemž jeho výdrž při zátěži 200 kW činí 15 sekund. Zároveň však také začíná startovat DA, který pro nastartování použije napájení ze startovacích akumulátorů a nebo, když akumulátory selžou, se nashartuje pomocí rotační UPS. V okamžiku, kdy se dostane DA na příslušné otáčky (několik málo sekund), převezme napájení zátěže. Toto zařízení bylo určeno pro armádu, ale po 10 letech se začalo dodávat i pro veřejnost.



Obr. 1: Rotační UPS

3.2.5 Kinetická soustrojí (DUPS)

Kinetické soustrojí je také záložní zařízení pro výrobu elektrické energie. Zařízení se skládá z DA, elektromotoru, setrvačníku a generátoru. Princip tohoto zařízení je takový, že elektromotor otáčí setrvačníkem a rotorem. Při výpadku elektrické energie se nastartuje DA a přes spojku se připojí k předchozímu soustrojí. Po připojení motoru k setrvačníku se pak točí vše i generátor a dodávka elektrické energie je obnovena. Toto soustrojí se používá tam, kde je zapotřebí, aby výpadek elektrické energie nebyl vůbec zaznamenán. Na obrázku 2 je napravo vidět motor (dieselagregát), uprostřed generátor (alternátor) a nalevo elektromotor.



Obr. 2: Kinetické soustrojí

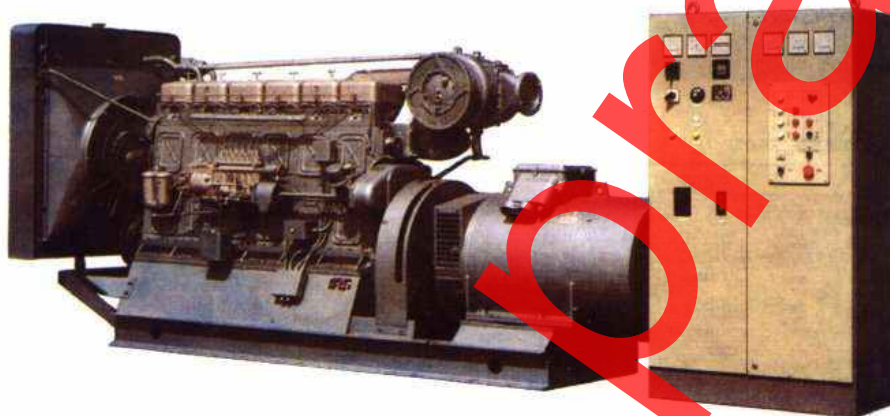
4 Popis motoru diesel agregátu (DA)

4.1 Princip dieselagregátu

Základní princip dieselagregátů je založen na tom, že motor (většinou spalovací) roztáčí setrvačník a alternátor, ve kterém pomocí magnetické indukce vzniká elektrická energie. Proto je toto soustrojí používáno jako náhradní zdroj elektrické energie.

4.3.1 Výhody a nevýhody chlazení motoru pomocí chladiče

Výhodou tohoto typu chlazení je, že se při používání nespotřebuje tolik vody. Toto chlazení se u nových DA používá častěji než chlazení pomocí průtoku vody. Při použití chladiče je pouze jeden uzavřený okruh, do kterého se může přidat nemrznoucí směs (Antifreeze, Fridex), zabráňující zamrznutí. Nevýhodou pro zajištění dobrého chlazení motoru je nutnost instalovat ve strojovně vzduchotechnika. Pokud není strojovna dobře utěsněná, může unikat teplo ze strojovny. Určité teplo je totiž nutné pro správný start motoru soustrojí.



Obr. 3: Soustrojí chlazené pomocí chladiče

4.3.2 Výhody a nevýhody chlazení motoru pomocí průtoku vody

Výhodou tohoto typu chlazení je, že odpadá starost se vzduchotechnikou. Tento typ chlazení byl dříve hodně používán u dieselaagregátů v podzemních bunkrech. V dnešní době se, ale už moc nepoužívá. Nevýhodou je, že při chlazení průtokem vody se jí spotřebuje velké množství. U tohoto chlazení nelze použít nemrznoucí směs. A to proto, že nově přitékající voda chladič soustrojí v chodu motoru by nemrznoucí kapalinu vytlačila okamžitě do odpadu.

4.4 Zážehový motor soustrojí

U dieselaagregátů se nejčastěji používá zážehový motor ve kterém se jako palivo používá nafta, protože tento motor má ve srovnání s jinými typy menší spotřeba a vyšší výkon. U starších DA se používala nádrž, která byla připevněna někde ve strojovně nad soustrojím, aby byl zajištěn samovolný spád paliva do motoru soustrojí. Palivo je nejdříve přefiltrováno pomocí filtrů, který vyčistí palivo od případných nečistot. Dále palivo pokračuje do vstřikovacího čerpadla, které je seřízeno podle polohy válců, tak aby nebylo špatně vstřikováno do prostoru mezi válcem a hlavou. Ze vstřikovacího čerpadla palivo pokračuje



Obr. 4: Soustrojí chlazené pomocí průtoku vody

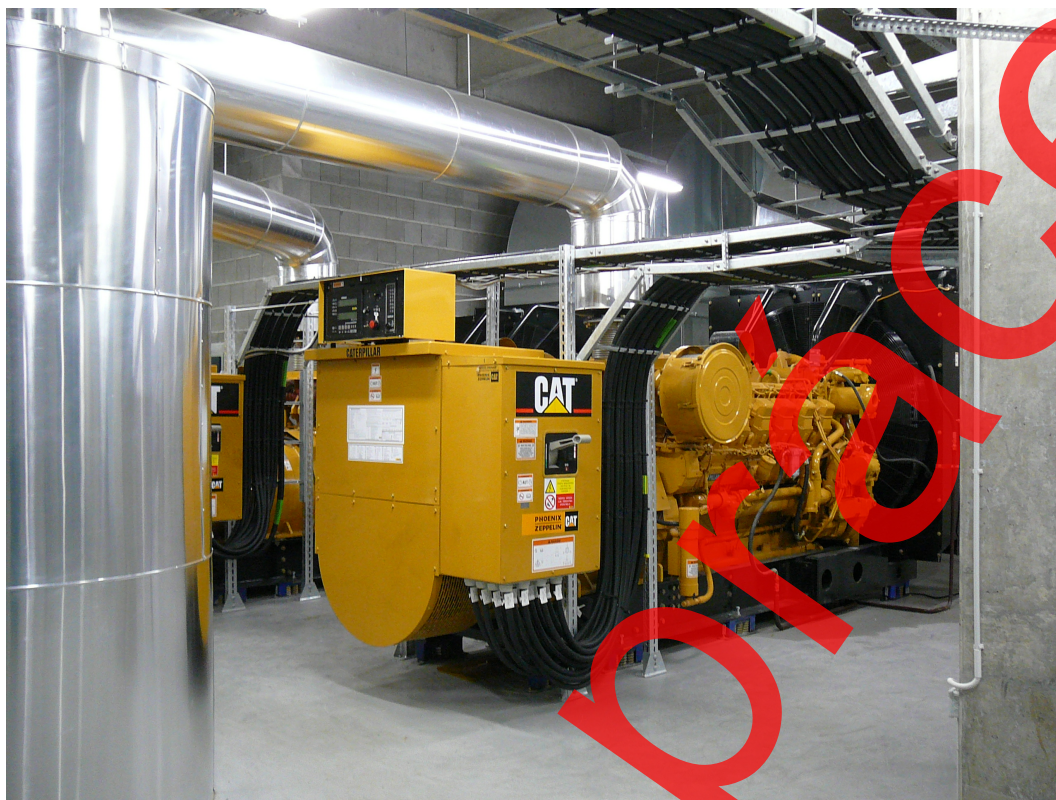
základem geometrické soustavy do vstříkovacích trysek, kterými je následně vstříknuto mezi válec hlavu. Po vstříknutí paliva do prostoru mezi válcem a hlavou zde nastává zážeh paliva a stlačený píst se začíná pohybovat směrem dolů. Motor tedy začíná konat mechanickou práci.

4.5 Nasávání a výfuk motoru soustrojí

Nasávání a výfuk probíhá u každého spalovacího motoru. U dieselaagregátů může tento proces probíhat dvojím způsobem:

- s turbodmychadlem;
- bez turbodmychadla.

Turbodmychadlo u motoru slouží k přeplňování prostoru mezi hlavou a pístem. Pokud u motoru je turbodmychadlo, tak má motor větší výkon. Turbodmychadlo je dmychadlo poháněné výfukovými plyny motoru. Skládá se ze dvou hlavních částí: turbíny a dmychadla. Dmychadlo stlačuje vzduch vstupující do motoru a výrazně tak zvyšuje jeho objemovou účinnost oproti klasickému nepřepřňovanému motoru. Turbína pohánějící dmychadlo je roztáčena výfukovými plyny vystupujícími z motoru a je zpravidla umístěna na stejné hřídeli. Turbodmychadlo zvyšuje tlak vzduchu vstupujícího do motoru a tím i jeho hustotu proto je tedy možné do motoru pustit při stejné frekvenci otáčení a stejném objemu více paliva při zachování stejného poměru směsi. Při jednom cyklu tedy zreaguje více plynu. To je hlavní příčinou výrazného nárůstu výkonu motoru.



Obr. 6: Moderní DA ve strojovně



Obr. 7: Moderní DA v kontejneru

9 Měření hlasitosti dieselagregátů a porovnání podle výkonu

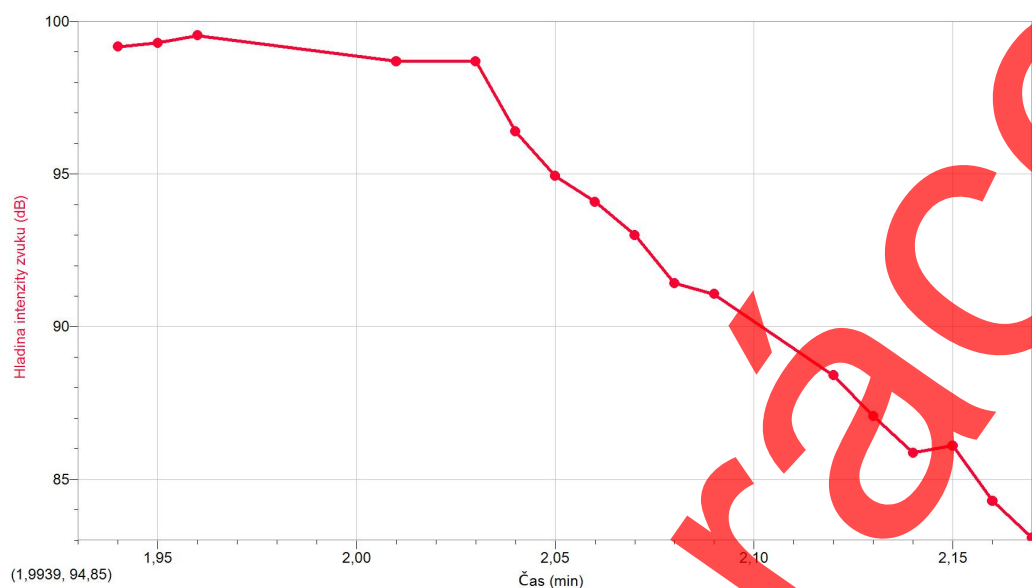
K měření hlasitosti motorů mě inspirovaly mé časté návštěvy ve strojovnách. Uvědomil jsem si, že obsluha motorů, opraváři a další lidé přicházející do strojoven jsou vystaveni poměrně silnému a ne příliš příjemnému zvuku. Proto mě zajímalo, jakých hlasitostí dosahují a za jakých podmínek motory pracují.

Hlasitost zvuku vydávaného motorem soustrojí bude vždy měřena ve vzdálenosti jednoho metru od motoru soustrojí a budou zde zaznamenány všechny parametry soustrojí a rozměry strojovny, kde se soustrojí nachází. Na žádném grafu ani v tabulce nebude uvedena hlasitost blízká hodnotě 0 dB. Vzhledem k tomu, že ve strojovnách z DA bylo vždy jisté zvukové pozadí, budou hodnoty všech grafů ukončeny u hodnot 60 db-80 db. Tato část stupnice je totiž pro měření hlasitosti zvuků motoru nepodstatná. U některých soustrojí byl naměřen start motoru a u některých byl naměřen doběh motoru. Proto se budou porovnávat vždy dva typy motoru podle výkonu.

Hlasitost zvuku dieselagregátu je po celou dobu jeho činnosti přibližně konstantní. Při měření ze vzdálenosti jednoho metru je tato hlasitost přibližně 100 dB. Zajímavá pro další zpracování je ta část činnosti dieselagregátu, kdy se snižují jeho otáčky, zastavuje se motor soustrojí a hlasitost zvuku přibližně lineárně klesá. Závislost hlasitosti na čase je zobrazena v grafu na obrázku 8. Všechny údaje z měření jsou zaznamenány do tabulky 1, ve které je vidět, jak dieselagregát snižoval pomalu otáčky a po zhruba 20 s úplně zastavil. V okamžiku, kdy DA začne snižovat svoje otáčky a zastavuje se, se může stát, že nastane znovu výpadek a DA se znovu rozeběhne.

Tab. 1

Čas v minutách	Hlasitost zvuku v dB
2,01	98,69
2,03	98,69
2,04	96,39
2,05	94,93
2,06	94,09
2,07	92,99
2,08	91,42
2,09	91,06
2,12	88,4
2,13	87,07
2,14	85,86
2,15	86,1
2,16	84,29
2,17	83,08



Obr. 8: Hlasitost DA měřená na Ministerstvu životního prostředí v Praze

Na obrázku 9 je vidět tříválcový motor 3s110 chlazený pomocí chladiče. Rozměry strojovny, kde byla hlasitost naměřena, jsou 4 m, 8 m a 4 m.



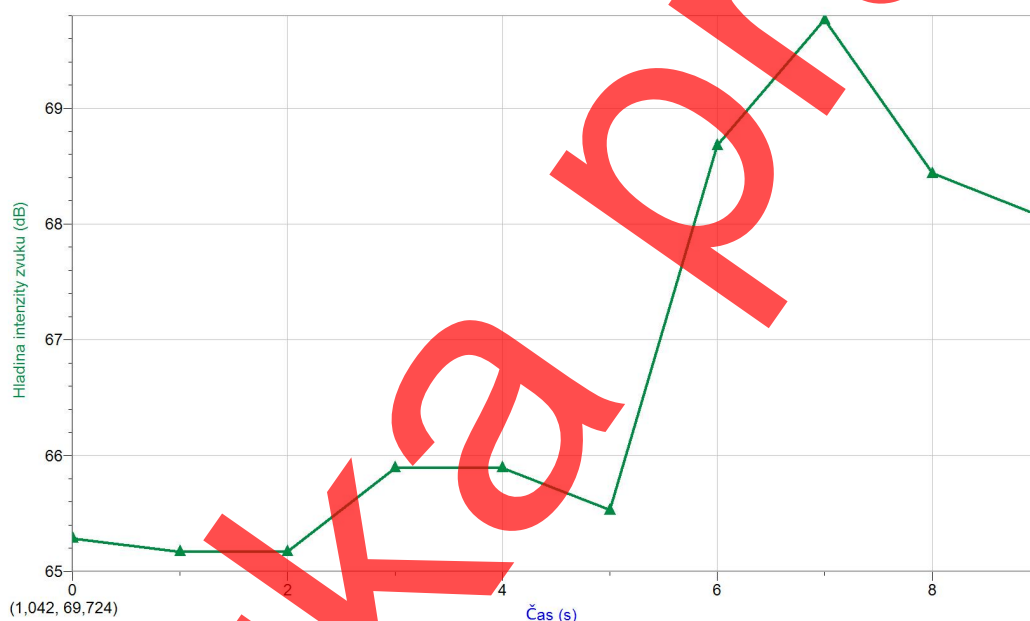
Obr. 9: DA 3s110

V Bozkovicích bylo naměřeno soustrojí 3s110 o stejném výkonu, které mělo výrazně menší hlasitost zvuku, protože zde byla větší strojovna. Rozměry strojovny jsou 6 m, 8 m a 6 m. Kvůli větší strojovně zde byla hlasitost zvuku menší, protože se zvuk mohl šířit větším prostorem.

Oba uvedené motory soustrojí mají stejný výkon a oba jsou chlazené pomocí chladiče. Proto ve větší strojovně bude hlasitost zvuku menší a náhradní zdroj bude okolní prostředí méně rušit. Do domova důchodců, léčebných středisek a dalších zařízení určených pro pobyt

Tab. 2

Čas v minutách	Hlasitost zvuku v dB
0	65,28
1	65,17
2	65,17
3	65,9
4	65,9
5	65,53
6	68,68
7	69,76
8	68,44
9	68,07



Obr. 10: Hlasitost DA měřená v domově důchodců

nemocných pacientů či seniorů stačí soustrojí 3s110 nebo 4s110. A to nejen proto, že mají nižší hlasitost, ale i protože malá tato soustrojí mají menší spotřebu paliva než větší soustrojí. A v sanatoriích či léčebnách nepotřebují dieselaagregáty s velkým výkonem. Na obrázku 10 je vidět, že motor při startu měl menší potíže, než naběhl do otáček s maximální frekvencí a dosáhl maximálního výkonu.

Na obrázku 13 je vidět že motor soustrojí při startu měl menší komplikace. Důvodem mohlo být, že dlouho nebyl v provozu nebo se do motoru dostala nějaká nečistota. Za 3 s po startu se dostal do maximálního výkonu. Z tabulky 3 je vidět, jak se při startu měnila hlasitost zvuku. Po 10 s se ale ustálila na 113 dB. Typ tohoto motoru je 6s160PN. Koncovka PN znamená, že motor je přeplňován (má turbodmychadlo). Rozměry stroje, v níž se toto soustrojí nachází jsou 7 m, 6 m a 4 m. Toto soustrojí je umístěno ve vepříně, a proto nevádí, že je soustrojí hlučnější. Ve vepříněch, kravíněch a drůbežárnách potřebují větší a výkonnější



Obr. 11: DA 3s110

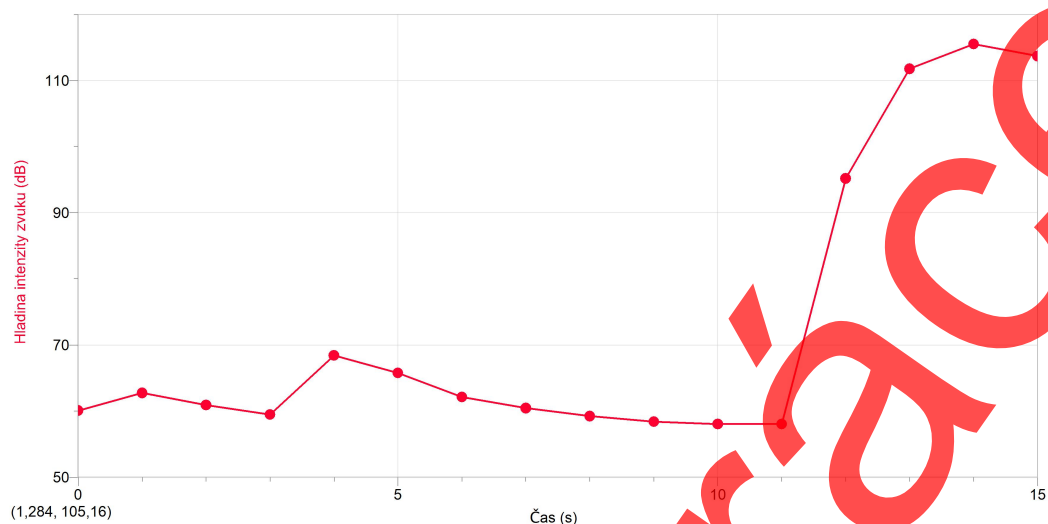
Tab. 3

Čas v minutách	Hlasitost zvuku v dB
0	60,08
1	62,74
2	60,93
3	59,48
4	68,44
5	65,77
6	62,14
7	60,45
8	59,23
9	58,39
10	58,03
11	58,03
12	95,18
13	111,76
14	115,51

dieselagregáty proto, že v těchto provozech je velká spotřeba elektrické energie (chlazení, dojení, pravidelné svícení, ...).

U tohoto typu motoru je vidět, při startu v něm byly nějaké nečistoty, a proto se motor dostal do otáčení s maximální frekvencí a do maximálního výkonu až po 15 s po startu. Tento typ motoru má frekvenci otáčení pouze 750 Hz, a proto je také jeho hlasitost zvuku nižší než u předešlého motoru. Výkon motoru je tedy také nižší, a proto byl použit v drůbežárně, kde není potřeba tolik elektrické energie. Na obrázku 13 je vidět, že motor při maximální frekvenci otáčení má hlasitost zvuku pouze 104 dB. Rozměry strojovny jsou 8 m, 5 m a 4 m.

Tento typ soustrojí je stejný jako typ v předchozím měření. Jsou odlišné pouze rozměry strojovny: 10 m, 6 m a 8 m. Z tabulky 5 je zřejmé, že zastavování motoru probíhalo za



Obr. 12: Neštěnice



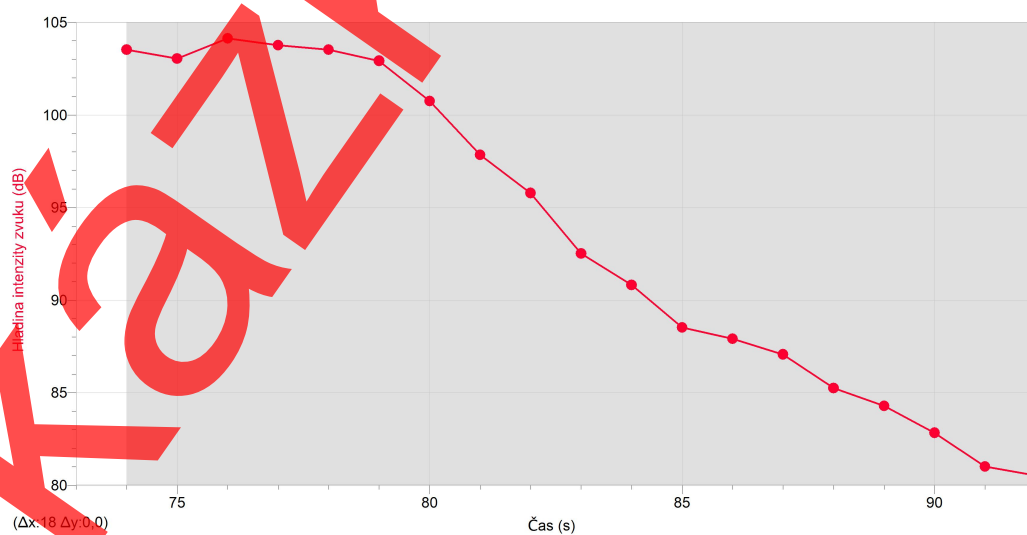
Obr. 13: Měřeno v drůbežárně Pracov

standardních podmínek, až na to menší zvýšení hlasitosti zvuku (obrázek 14). To mohlo být způsobeno i špatným měřením. Po dvou minutách se motor úplně zastavil a hlasitost zvuku byla na normálních hodnotách.

Tento typ soustrojí je jiný než ostatní soustrojí uvedené v této práci. Tento motor je totiž chlazený průtokem vody, a proto by měl být tišší než motor se stejným výkonem a stejnou frekvencí otáčení. V tabulce 6 je vidět, že tento motor je tišší než motor s chladičem (viz. tabulka 3). Diesलगregáty s průtokem spotřebují daleko více vody než diesलगregáty s chladiči. Diesलगregát s průtokem se používá, tam kde je potřeba, aby motor soustrojí nebyl hluchý např. podzemí objekty, kryty, nemocnice. Intenzita zvuku lze porovnat také z obrázku 15 a 13. Ačkoliv je jeden graf naměřen při startu motoru a druhý při zastavování motoru je zřejmé, že hlasitost zvuku u motoru chlazeného průtokem vody je nižší. Na obrázku 16 je zobrazen motor chlazený průtokem vody.



Obr. 16: 6s160



Obr. 17: Naměřeno ve VEMA v Chrudimi

10 Závěr

Už od svých návštěv různých provozů (továrny, nemocnice, zemědělské budovy, domovy pro seniory, ...) s mým dědou, mě záložní zdroje elektrické energie fascinovaly. Nejen proto, že jsem obdivoval dědu, který dokáže opravit a znovu uvést do provozu snad každý typ záložního zdroje elektrické energie, ale také proto, že jsem si postupně uvědomoval, jak jsme jako civilizace na těchto zdrojích závislí. V současné době snad není provoz, který by nebyl buď zcela, nebo částečně řízen pomocí počítače. A výpadek takového moderního provozu může mít nedozírné následky. Nejen pro počítač samotný, který se může nestandardním ukončením činnosti vážně poškodit, ale i pro další aplikace, které jsou počítačem řízené (náročná operace v nemocnici, technologický postup výroby součástky, ...). Současně jsem si uvědomoval, že provoz záložních generátorů dodávajících při výpadku dodávky elektrické energie z elektrorozvodné sítě tuto energii na základě spalování paliva je poměrně hlučný. A začalo mě zajímat jak hlučný. Proto jsem proměřil vybrané typy generátorů, ke kterým jsem měl díky dědovi snadný přístup. Nepodařilo se proměřit vše a ne vše se podařilo proměřit tak, jak jsem původně zamýšlel. V řadě provozů byla doba, kterou jsme mohli strávit ve strojovně generátoru velmi omezená, a proto jsem se nemohl věnovat svému měření tak, jsem plánoval. Přesto se mi podařilo proměřit ty nejdůležitější charakteristiky. Bylo by jistě zajímavé některé z nich zopakovat za jiných podmínek (zátěž generátoru, regulace jeho výkonu, ...) a navzájem je porovnat. Bylo by také zajímavé proměřit hlučnost generátoru přímo u něj a paralelně s tím hlučnost mimo strojovnu, kde je generátor umístěn. Z mých měření je zřejmé, že hlučnost záložních zdrojů energie je poměrně veliká, ale strojovny a další místa, kde jsou generátory umístěné, jsou v současné době již velmi dobře odhlučněné. Provoz generátorů tedy neruší okolní prostředí.

Seznam použité literatury a zdrojů

[https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/1586/BP_Podal_Pavel.pdf?sequence=](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/1586/BP_Podal_Pavel.pdf?sequence=1)

1 <http://www.systemonline.cz/clanky/zalozni-zdroje-energie.htm>

Ukázková práce