

Studentská tvůrčí a odborná činnost
STOČ 2017

VRTULNÍKY NA ELEKTRICKÝ NEBO HYBRIDNÍ POHON

David MARYÁŠ

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín, Školní 822, 763 21 Slavičín

20. dubna 2017
FAI UTB ve Zlíně

Klíčová slova: *Elektromotor, hybridní pohon, elektrický vrtulník, letoun s kolmým startem.*

Anotace: *V roce 2011 konečně vzlétl první pilotovaný elektrický vrtulník. Tak dlouho bylo třeba čekat jednak proto, že let vrtulníku je energeticky velmi náročný a potřebuje proto výkonné akumulátory a jednak proto, že klasická koncepce vrtulníku, tak jak ji známe u vrtulníků s klasickým spalovacím motorem (jeden až dva hlavní rotory, složité převody k pohonu hlavního popř. pomocného rotoru, komplikovaná hydraulika k naklápění listů použitých rotorů), se pro použití s elektromotorem příliš nehodí. Zde je daleko perspektivnější multirotorová koncepce letounu, u které je každý rotor poháněn vlastním elektromotorem a to bez převodů nebo naklápění listů rotoru. Použití elektromotorů k pohonu letadel je potom konstrukčně daleko jednodušší, energeticky účinnější, univerzálnější a hlavně podstatně spolehlivější.*

Obsah

1.	Úvod	4
2.	Vzlétnutí historicky prvního pilotovaného elektrického vrtulníku	4
3.	Hybridní a elektrická letadla – budoucnost letecké dopravy	6
4.	Letadla s kolmým startem (VTOL)	7
4.1	Puffin – osobní elektrické letadlo od NASA	7
4.2	GL-10 Greased Lightning – revoluční hybridní konvertoplán	8
4.3	VV-Plane – Hybridní nákladní konvertoplán	11
4.4	Elektrická helikoptéra Volocopter: Revoluce v létání?	12
5.	Objev nového perspektivního principu akumulátoru	13
6.	Závěr	14
	Literatura	15

1. Úvod

V současné době nastává určitý přelom v používání elektřiny pro pohon letadel. Již dříve se elektřina používala k pohonu klasických letadel a dronů (pro omezený rozsah práce nebyla uvedená problematika do práce zahrnuta), nyní se již začíná používat také při konstrukci letounů s kolmým startem (VKOL), což je jakási moderní náhrada elektrické helikoptéry.

Klasická koncepce vrtulníku, tak jak ji známe u vrtulníků se spalovacím motorem (jeden až dva hlavní motory, složité převody k pohonu hlavního i pomocného rotoru i komplikovaná hydraulika k naklápění jejich listů), se pro použití s elektromotorem příliš nehodí. Zde je daleko perspektivnější multirotorová koncepce letounu, u které je každý rotor poháněn vlastním elektromotorem (bez převodů a naklápění listů rotoru). Použití elektromotorů je konstrukčně daleko jednodušší, energeticky účinnější, univerzálnější a hlavně podstatně spolehlivější.

A právě této problematice se věnuje tato práce. Není již podstatné, zda se jedná o čistě elektrický nebo hybridní pohon letounu.

2. Vzlétnutí historicky prvního pilotovaného elektrického vrtulníku

V současnosti se využívá elektrické energie k pohybu celé škály dopravních prostředků (přes elektrokola a elektrokoloběžky až po elektrické lokomotivy, letadla a lodě). Doposud v tomto seznamu však chyběl jeden dopravní prostředek, a to **elektrický vrtulník**. Nebylo to náhodou. Důvodem neexistence elektrických vrtulníků byla energetická náročnost nutná pro kolmý vzlet, vodorovný let i svislé přistání. Náročné ale neznamená nemožné! Francouzský inženýr *Pascal Chretien* podnikl **12. srpna 2011** historicky první let s vrtulníkem na elektrický pohon [1].

Iniciátorem projektu prvního funkčního elektrického vrtulníku byla francouzská společnost *Solution F*. Firma kontaktovala konstruktéra *Pascala Chretien*a, aby vrtulník navrhl a sestrojil. Zkušený inženýr souhlasil, ale také si zároveň uvědomil, že k návrhu stroje nemůže přistupovat klasickou cestou. Jak již bylo řečeno v úvodu, vrtulník pro svůj vzlet i let potřebuje spoustu energie. *Pascal Chretien* proto hned na počátku zavrhnul energeticky náročný **ocasní vyrovnávací rotor**, typický pro většinu klasických vrtulníků. Místo toho použil dvě **protiběžné koaxiální vrtule**. Koaxiální vrtule udržují stroj v přímém směru. Vrtulník tak potřebuje jen jednoduchý směrový ocas (obr. 1), namísto těžkého a energeticky náročného systému vyrovnávací vrtule. Další snížení energetické zátěže bylo dosaženo výměnou klasického cyklického řízení náklonu jednotlivých listů za nový zjednodušený systém. Pro změnu směru letu se natáčí celá osa vrtule (místo jednotlivých listů), a to jen pomocí jednoduchého pákového systému spojeného s říditky (obr. 2,3).

Kromě možnosti konstrukce funkčních elektrických vrtulníků, může tento francouzský projekt zásadně zvýšit bezpečnost klasických helikoptér. Samotné selhání motoru a technické poruchy mají na svědomí 40 % všech nehod vrtulníků. Přitom let vrtulníkem je statisticky čtyřicetkrát nebezpečnější než let klasickým letadlem. Pokud bude klasická helikoptéra dovybavena elektrickým pohonem, riziko nehody kvůli selhání motoru dramaticky klesne. Podle inženýra *Pascala Chretien*a může klasický vrtulník letět až 4 minuty na elektřinu z baterií, což je dost dlouhá doba na to, aby bezpečně přistál nebo alespoň zásadně snížil svou letovou hladinu.



Obr.1: *Pascal Chretien* s prvním funkčním elektrickým vrtulníkem – pohled z boku



Obr.2: Pohled na elektrický vrtulník zepředu – pro změnu směru letu se natáčí celá osa vrtule



Obr.3: Elektrický vrtulník *Pascala Chretieny* používá dva koaxiální dvoulísté rotory

3. Hybridní a elektrická letadla - budoucnost letecké dopravy

V roce 2011 byl veřejnosti úspěšně představen malý dvoumístný letoun s hybridním pohonem, který umožnil snížit spotřebu paliva zhruba o čtvrtinu. Představoval tak první vlaštovku, která vnesla do letecké přepravy aspoň malou naději na šetrnější provoz.



Obr.4: Ukázka řešení hybridního pohonu firmy Siemens

Umístit veškeré součásti hybridního pohonu do malého prostoru letounu není nic snadného. Odměnou je však o 25 % nižší spotřeba paliva. Letecká doprava totiž patří k odvětvím, jež mají značný vliv na životní prostředí – do ovzduší například vypouští celá 2% z celkového objemu emisí oxidu uhličitého. Pro letecké společnosti pak náklady na samotné palivo tvoří přibližně jednu třetinu veškerých výdajů. Konstrukteři konsorcia společností Siemens, EADS a Diamond Aircraft proto vyvinuli novou verzi hybridního letounu s inovovaným pohonným systémem.

Stejně jako jeho předchůdce je nový letoun poháněn elektromotorem, který je napájen z generátoru roztáčeného malým spalovacím motorem. Letoun je navíc vybaven akumulátory, které elektromotor zásobují elektrinou při energeticky náročnějším vzletu a stoupání. Při klidném letu jsou pak akumulátory naopak dobíjeny. Díky hybridnímu pohonu může spalovací motor pracovat rovnoměrně při optimálních otáčkách, čímž se značně snižuje spotřeba paliva. Kromě úspory paliva se také podařilo snížit hmotnost celého pohonného systému přibližně o 100 kg. Samotný elektromotor například váží pouhých 13 kilogramů a poskytuje stabilní výkon 65 kW. Na 1 kilogram hmotnosti elektromotoru tak připadá 5 kW výkonu, tedy téměř pětkrát více, než produkují moderní letecké pístové motory. Ač byl pohon zatím demonstrován pouze na malém dvoumístném letounu, v budoucnu by měly hybridní systémy proniknout i do podstatně větších letadel. Díky své rozšiřitelnosti by podle předběžných odhadů mohly relativně brzy pohánět i letadla s kapacitou až 100 pasažérů. Členové konsorcia nyní usilují o implementaci hybridního pohonného systému do helikoptér, menších letadel a také letounů pro komerční přepravu.

4. Letadla s kolmým startem (VTOL)

Jedná se o klasická letadla, která mají alespoň minimální nosnou plochu, přičemž motory pohánějící vrtule jsou pevně připevněny právě k této nosné ploše. Při startu a přistávání směřují motory a vrtule kolmo, při normálním letu vodorovně. U menších strojů se toho dosahuje změnou polohy celého stroje (Puffin), u větších strojů pouze natočením nosné plochy (GL-10).

4.1 Puffin - osobní elektrické letadlo od NASA

Americký Úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) se kromě přípravy nové cesty na Měsíc nebo na Mars zabývá i jinými problémy. Například létáním. Nové osobní elektrické letadlo pro jednu osobu se jmenuje Puffin [2].



Obr.5: Osobní elektrické letadlo Puffin při vodorovném letu

NASA představila Puffin na setkání Americké asociace helikoptér v San Francisku. Jedná se v podstatě o jednomístný kokpit doplněný o dvě vrtule. Puffin dokáže letět s rotory buď směrem vzhůru (stoupání), nebo vodorovně se zemí (let). Rozměry malého osobního létajícího zázraku jsou 3,7 m na výšku a 4,1 m je rozpětí křídel. Vrtule mají průměr 2,3 m. Přistává se přímo na zadní kormidla – směrem kolmo k zemi. Hmotnost stroje bez baterií je pouhých 135 kg, lithium-fosfátové baterie váží 45 kg. Aby Puffin vzlétl, stačí celkový výkon 60 koní. Přitom dokáže letět max. rychlostí 480 km/h, příjemná cestovní rychlost má být 240 km/h. Účinnost elektromotorů je 95%.



Obr.6: Osobní elektrické letadlo Puffin po přistání

Hlavní výhody tohoto vynálezu jsou naprostá tichost provozu, minimální vývin tepla a vysoká spolehlivost, protože elektromotory mají výrazně méně pohyblivých součástí, než spalovací motory. Dolet osobního elektrického letadla se současnými bateriemi je údajně 80 km, v budoucnosti až 300 km.

Na vývoji projektu se podílelo především výzkumné centrum [NASA Langley Research Center](#), dále také Massachusettský institut technologie ([MIT](#)), [Georgia Institute of Technology](#) a [National Institute of Aerospace](#).

4.2 GL-10 Greased Lightning – revoluční hybridní konvertoplán

Konstruktéři po celém světě pátrají po tom, jak spojit schopnost kolmého startu a přistání vrtulníků s vysokou cestovní rychlostí a úsporností klasických letadel. Hledá se především jednoduché a tedy finančně úsporné a spolehlivé řešení využívající moderní technologie. Odpovědí by mohl být hybridní konvertoplán **GL-10 Greased Lightning** kosmické agentury [NASA](#) [3]. Aby co nejlépe vynikly přednosti a odlišnosti tohoto řešení, srovnajme tento hybridní konvertoplán s klasickým konvertoplánem **Bell Boeing V-22 Osprey**.

Bell Boeing V-22 Osprey je americký vojenský transportní [konvertoplán](#) s překlopnými rotory, který využívá od roku 1989 americká námořní pěchota a letectvo a který může startovat a přistávat vertikálně (VTOL) nebo s krátkým vzletem a přistáním (STOL). Je určen k plnění úkolů jako konvenční transportní vrtulník s dlouhým doletem (1627 km), přičemž může dosáhnout rychlosti turbovrtulového letadla (až 565 km/h). Problém klasických konvertoplánů je velká konstrukční složitost (a možná poruchovost) a tedy i velká nákupní cena, značné provozní náklady a náročný servis i údržba. Tento konvertoplán používá komplikovaný systém naklápění nosné plochy s oběma motory, protože oba motory jsou mechanicky propojeny pro případ poruchy jednoho z nich, a stejně jako vrtulník používá pro řízení letu složitý mechanický a hydraulický systém naklápění jednotlivých listů obou rotorů a složitou a těžkou převodovku.



Obr.7: Americký klasický vojenský konvertoplán Bell Boeing V-22 Osprey

Nejčastější příčinou havárií vrtulníků jsou převodovky, složitá hydraulika nebo mechanismus naklápění listů rotoru. A to vše nový konvertoplán *Greased Lightning* vůbec nebude potřebovat. Jedná se o novou převratnou koncepci, které umožní obejít v letectví doposud zaužívané spojení *motor-převodovka-rotor(vrtule)* tak, že k pohonu bude používat buď jen elektromotor nebo tzv. **hybridní pohon** (elektromotor-vznětový motor). Je zajímavé, že tato koncepce hybridního pohonu se již dlouho používá k pohonu lodí, ponorek, vlaků a v poslední době i automobilů. Její úspěšné použití v letectví je podmíněno použitím nových dostatečně lehkých a současně pevných materiálů a vhodného konstrukčního uspořádání. Za dlouhou dobu svého používání (mimo oblast letectví) tato metoda prokázala, že je nejen velmi spolehlivá, ale také snadno regulovatelná a konstrukčně jednoduchá.



Obr.8: Zmenšený prototyp konvertoplánu GL-10 na čistě elektrický pohon

NASA zatím testuje tento „multirotorový“ konvertoplán **GL-10 Greased Lightning** na zmenšeném testovacím prototypu (obr. 8). Tento prototyp má rozpětí křídel 3,05 m, maximální startovací hmotností 28,1 kg a čistě elektrický pohon. *Greased Lightning* vypadá na první pohled velmi složitě, ve skutečnosti jde ale o mnohem jednodušší stroj než klasický konvertoplán nebo vrtulník. Konvertoplán GL-10 pohání hned deset malých rotorů, každý přímo spojený s vlastním elektromotorem. Osm rotorů je umístěno na křídlech, dva rotory na ocasních vodorovných plochách. Křídla i ocasní plocha lze pak po kolmém startu (jako vrtulník) překlopit o 90° pro vodorovný let (jako vrtulové letadlo). Každý motor je pevně spojen s rotorem a každý motor lze samostatně digitálně řídit - precizně snižovat a zvyšovat otáčky. Pomocí změn otáček jednotlivých elektrických motorů a ve spojení s výškovými kormidly na křídlech a ocasních plochách, lze pohodlně a přesně řídit let konvertoplánu ve vzduchu i při startu a přistání.

Po úspěšném testování NASA přistoupila ke konstrukci finálního modelu GL-10 s rozpětím křídel přes 6 metrů a s hybridním diesel-elektrickým pohonem (dva vznětové motory 2 x 6kW). Zatím tato koncepce dobře funguje. Hlavní předností hybridních konvertoplánů není jen jednodušší konstrukce, ale také nižší nároky na údržbu a opravy - tedy větší časová dostupnost letadla pro potřeby zákazníka. Technologii hybridního konvertoplánu uvidíme nejdříve u vojenských letadel a dronů, později u větších strojů pro dopravu lidí a nákladu. Pokud se tato technologie ujme, již v příštím desetiletí mohou vzniknout cenově dostupné vrtulové stroje s kolmým startem a přistáním, které propojí výhody vrtulníků a letadel.

4.3 VV-Plane – Hybridní nákladní konvertoplán

Britská firma 4x4 Aviation vyvíjí unikátní hybridní nákladní konvertoplán **VV-Plane** (Versatile Vehicle-Plan). Letadlo údajně dokáže cenově konkurovat běžné nákladní pozemní dopravě, především v místech se špatnou infrastrukturou (obr.9).



Obr.9: Hybridní nákladní konvertoplán VV-Plane

V současné době letadla nebo vrtulníky pohání jedena, dvě nebo čtyři pohonné jednotky. U největších dopravních letadel pak zcela výjimečně šestice nebo osmice pohonných jednotek (B-52). V poslední době se však objevují konstrukce malých letajících strojů, využívající celé řady pohonných jednotek. Může jít o malá dopravní letadla nebo stroje s kolmým startem nebo přistáním (VTOL). Všechny uvedené stroje spojuje jedna vlastnost – o pohon se stará řada elektricky poháněných rotorů rozmístěných doslova po celém trupu a křídlech.



Obr.10: Nákladový prostor VV-Plane pojme standardní lodní kontejner.

Takové řešení má řadu předností. Elektromotory dokáží přesně regulovat své otáčky. Přesným nastavením otáček jednotlivých elektromotorů lze pak se strojem manévrovat. Nejsou třeba žádné komplikované převodovky ani komplikované mechanické nebo hydraulické převody pro natáčení listů rotoru jako u vrtulníků. Navíc vrtule umístěná v prstenci má vyšší účinnost a je do značné míry chráněna před poškozením při manévrování s nákladem.

I když VV-plane vypadá na první pohled poněkud zvláště a nezvykle, je jeho konstrukce dobře promyšlená a přizpůsobená zamýšlenému použití. Základem pohonu VV-Plane je hybridní pohonný systém. Na palubě se nachází výkonný generátor elektrické energie. Ten pohání čtyři výklopná pole se čtveřicí elektricky poháněných dmychadel. Při startu dmychadla zajišťují potřebný vztlak a VV-Plane stoupá kolmo vzhůru jako vrtulník. Při dopředném letu se dmychadla překlopí do vodorovné polohy (jako u konvertoplánu V-22 Osprey). Při dopředném letu pak potřebný vztlak zajišťuje čtveřice křídel. Firma 4x4 Aviation zvládla problém s přechodem ze svislého do vodorovného letu díky „patentovému systému naklápění dmychadel“ a také díky důmyslnému letovém softwaru.

VV-Plane podle svých tvůrců ve své plné velikosti dokáže pojmout standardní lodní kontejner a to do hmotnosti až 30 tun. Přitom cestovní rychlost letu je vypočítaná na 320 km/h. Hlavní trumfem je však cena za dopravenou tunu nákladu na 1 kilometr. Podle 4x4 Aviation je VV-Plane cenově konkurenceschopný pozemní nákladní dopravě. Především v místech, se slabou infrastrukturou, jako jsou africké nebo některé asijské země.

4.4 Elektrická helikoptéra Volocopter: Revoluce v létání?

Výrobce sebevědomě tvrdí, že Volocopter představuje zbrusu nový koncept létajícího stroje. Volocopter je schopný vzlétnout a přistát vertikálně jako helikoptéra, na rozdíl od ní je však poháněný více jak desítkou elektrických motorů. Tuto novou helikoptéru zkonstruovala a postavila německá firma **e-volo** z Karsruhe. Za koncept *Volocopter* získala v roce 2012 **Lindbergovu cenu** (Charles A. Lindberg byl letec, který v roce 1927 poprvé sólo přeletěl Atlantský oceán). Jedním ze zakladatelů této firmy je i Lindbergův vnuk Erik Lindberg, který k tomuto novému konceptu helikoptéry říká: „*Věříme, že vývoj Volocopteru slibuje radikální změnu dopravy na krátké vzdálenosti. Volocopter má před sebou ještě dlouhou cestu, ale věřím, že ta zdárně skončí a náš stroj promění způsob, jakým se po naší planetě pohybujeme.*“



Obr.13: Šestnáctimotorový Volocopter VCI vyvinutý původně k bezpilotním zkouškám

Prvním prototypem volokoptéry byl osmdesátikilogramový stroj VC1 (obr.13), který byl vyvinut k bezpilotním zkouškám, i když po velmi dobrých výsledcích německý tým risknul let s pokusným pilotem. Jeho následovníka, model VC2 (obr.14), pohání již osmnáct (tedy o dva více než u VC1) elektrických motorů, každý s výkonem 2kW. Aktuálně je také ve vývoji dvojmístný stroj VC200, jenž by měl být schopný dosáhnout rychlosti 100 km/h, výšky letu 2 km a dosáhnout startovací hmotnosti až 450 kg. V současné době se kvůli kapacitě baterií doba letu pohybuje okolo 20 minut, výzkumný tým věří, že se mu podaří dosáhnout alespoň hodinové výdrže s čistě elektrickým strojem, nebo několikahodinové s pohonem hybridním.



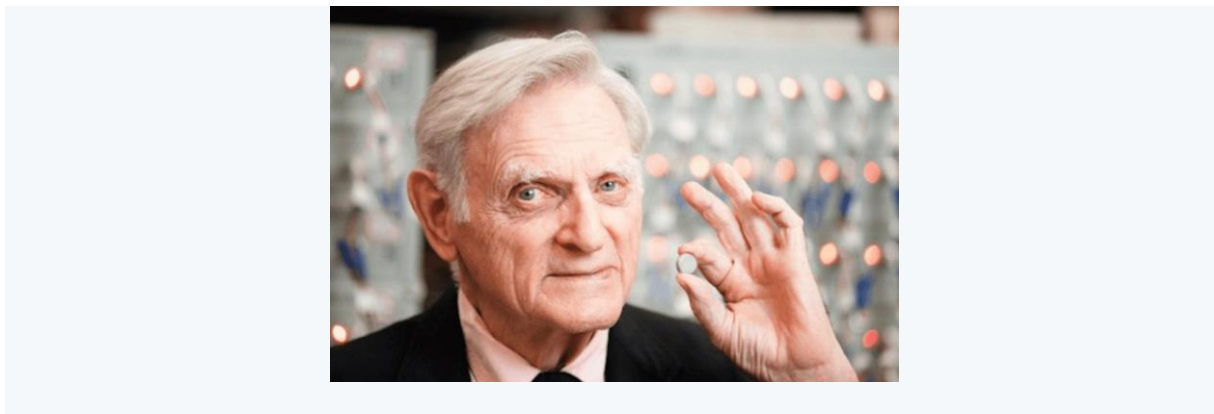
Obr.14: Jednomístná verze VC-2 s osmnácti elektrickými motory

Ovládání stroje je jednoduché – **jedním joystickem**, stejně jako u počítačových her. Žádná kontrola rychlosti, nastavení listů rotoru či úhlu stoupání, jako u běžné helikoptéry. Volocopter se řídí pouze nastavením a výkonem jednotlivých elektromotorů což provádí a kontroluje počítač přesně podle záměrů pilota. Velké množství nezávislých motorů navíc zvyšuje bezpečnost – stroj je schopný hladce přistát i v případě, že by některé z motorů vypověděly službu.

5. Objev nového perspektivního principu akumulátoru

Čtyřiaředesátiletý vynálezce lithium-iontových baterií, které se používají v mobilních telefonech, představil další objev. Američan *John Goodenough* představil akumulátor, který má trojnásobně větší kapacitu než současné baterie. Dobíjí se navíc výrazně rychleji. Informoval o tom nedávno server Newsweek (14.3.2017). Objev nových baterií [7] může podle prestižního Institutu pro elektrotechnické a elektronické inženýrství (IEEE) pomoci ukončit závislost lidstva na ropě a dalších fosilních palivech.

Tato nová baterie nevyužívá tekuté elektrolyty, nýbrž elektrolyty skla. Vydrží až 1200 nabití, aniž by snížila svou kapacitu. To není všechno. Baterie budoucnosti navíc dokáže uchovávat a vydávat elektřinu v teplotách klesajících až k minus dvaceti stupňům. Vyrábět je lze navíc ze snadno dostupného sodíku. *Goodenoughova* baterie by podle Newsweeku mohla umožnit vyrábět elektromobily, které ujedou až tisíc kilometrů na jedno dobití.

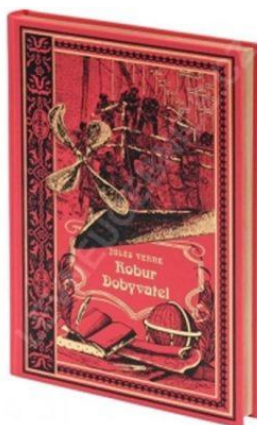


Obr.15: Čtyřiačtyřdesátiletý vědec, vynálezce a podnikatel Američan *John Goodenough*

6. Závěr

Práci z oblasti **elektrických vrtulníků** jsem si zvolil proto, abych shromáždil dostupné údaje o pokroku v této perspektivní a bouřlivě se rozvíjející oblasti konstrukce letadel s pohonem na elektrický proud. Z velkého množství nových konstrukčních řešení a nových přístupů k současnému vývoji v letectví je již zřejmé, že využití elektromotorů nebo hybridního pohonu u některých typů vrtulníků nebo letadel s kolmým startem může přinést výraznou úsporu ve spotřebě pohonných hmot a tím současně omezit škodlivé emise, zjednodušit konstrukční řešení a podstatně zvýšit spolehlivost a širší využitelnosti těchto letadel.

Je zajímavé, jak moderní multimotorové koncepce létajících strojů, poháněné větším počtem malých nezávislých vrtulí přímo propojených s individuálně napájenými a řízenými elektromotory, připomínají představu geniálního spisovatele a vizionáře *Julese Verna*, kterou ztvárnil ve známém románu **Robur Dobyvatel** [8] do podoby vzdušného korábu *Albatros* (obr.16).



Obr.16: Známý a mnohokrát vydávaný román *Robur Dobyvatel* spisovatele *Julese Verna*

Literatura

- [1] *Grohmann J.*: Vzlétnul historicky první pilotovaný elektrický vrtulník
Hybrid.cz, 21.11.2011.
<http://www.hybrid.cz/vzletnul-historicky-prvni-pilotovany-elektricky-vrtulnik>
- [2] *Redakce*: Hybridní a elektrická letadla - budoucnost letecké dopravy
[Hybrid.cz](http://www.hybrid.cz), 13.11. 2013.
<http://www.hybrid.cz/hybridni-elektricka-letadla-budoucnost-letecke-dopravy>
- [3] *Horčík J.*: Osobní elektrické letadlo od NASA – Puffin.
Hybrid.cz, 9.2.2010.
<http://www.hybrid.cz/clanky/osobni-elektricke-letadlo-od-nasa-puffin-video>
- [4] *Grohmann J.*: GL-10 Greased Lightning: Stoleté paradigma letectví se bortí.
Hybrid.cz, 28.5.2016.
<http://www.hybrid.cz/gl-10-greased-lightning-stolete-paradigma-letectvi-se-borti>
- [5] *Grohmann J.*: VV-Plane – Hybridní nákladní konvertoplán.
Hybrid.cz, 19.8.2014.
<http://www.hybrid.cz/vv-plane-hybridni-nakladni-konvertoplan>
- [6] *Miklín J.*: Elektrická helikoptéra Volocopter: Revoluce v létání?
100+1 zahraniční zajímavost, 19.8.2013.
<http://www.stoplusjednicka.cz/elektricka-helikoptera-volocopter-revoluce-v-letani>
- [7] *Ragalie Petrica D.*: Průlom? Vynálezce lithium-iontových baterií přišel s novým akumulátorem. Novinky.cz, 14.3.2017.
<https://m.novinky.cz/articleDetails?aId=431975&sId&mId>
- [8] *Verne J.*: Robur Dobyvateľ. Knihy Dobrovský, 17.2.2014.
<https://www.knihydobrovsky.cz/robur-dobvyvatel-636036?gclid=CNf2r7KondICFRYW0wodtcMKRg>