

ELEKTRIČNO PLOVNO VOZILO OD LAGANE LEGURE

A.C.T.V.

*Azienda del consorzio trasporti Veneziano
Venezia, Italia*

OSNOVE PROJEKTA – *Ideja o projektu je oblikovana 1985.-1986. kada je A.C.T.V. potražio javni transport sa povišenim ekološkim doprinosom zarad prevoza kroz istorijski centar Venecije.*

Projekat za novo vozilo je došao na red u istraživačkom projektu CETENA i to 1986. godine, koje je finansiralo Ministarstvo trgovačkog moreplovstva i potpomoglo kroz zakon 1976. i zakon broj 122, 1985. godine. Ishod istraživanja je bio glavni projekat koji je potvrdio hipotezu formulisanu pre početka rada. U osnovi postignutih podataka, na koje A.C.T.V. ima ekskluzivna prava jer je uzeo aktivno učešće u razvoju i zaključcima istraživanja, sa nekoliko kompanija koje su postigle dogovor za konstrukciju prototipa plovila.

GLAVNE KARAKTERISTIKE

Brodograditelj: Industrie Meccaniche Scardellato

Dužina: 23,3m

Maksimalna širina: 4,65m

Registrovana visina: 1,90m

Težina: 34,95t

Nosivost: 22,93t

Broj putnika: 208

Snaga motora: 60kW pri 1350 ob/min

Kapacitet baterija: 1450Ah (5 sati)

Napon: 240V (posle 18 sati rada sa 7 sati i 15 minuta baterije su na 50% kapaciteta od početnog)

Dnevna potrošnja: 400kW/h

Kapacitet dodatnih baterija: 450Ah na 24V

POGONSKA BATERIJA

120 HK21 Marelli elementi

Kapacitet: 1450Ah (5)

Napon baterije: 240V

Prosečno punjenje posle radnog dana od 14 sati:

Inicijalna struja 350 A / 1 sat

Zatim 220 A / 45 minuta

Zatim 100 A / 1 sat 30 minuta

Konačno 100 A-30 A / 3 sata 15 minuta

Baterija se sastoji od 120 elemenata podeljenih u 6 pod baterija, svaki sadrži po 20 elemenata, koji ukupno daju 240V. Elementi su tipa pozitivne džep-tubularne ploče. Korišćenje tipa pozitivne džep-tubularne ploče umesto ravnog je u korist veće pouzdanosti koju on garantuje. U ravnim tipovima kao što su one za pokretanje motora automobila, aktivni materijal je uz materijal rešetke kao što je olovo ili olovna legura koja se ponaša kao podrška pasti i kao provodnik za struju kroz provodnike koji grade rešetku. Elektrohemijska konverzija koju pasta pokreće u toku punjenja i pražnjenja prouzrokuje varijacije kristalne linije strukture i zapremine koje, posle izvesnog vremena, znatno povećavaju rizik izolovanja aktivnog materijala koji mogu pasti na dno elementa i tako

prouzrokovati “mostove” između elemenata sa suprotnim polaritetima. To bi imalo za posledicu kratke spojeve i rapidni pad performansi baterija i znatno kraći vek same baterije.

Džep-tubularna ploča, sa druge strane, se sastoji od nekoliko tuba materijala koji je izradjen od poliesterovih vlakana.

Serijske ovakvih džepova postavljene jedna uz drugu obrazuju obloge koja ima mikropornu strukturu koja obezbeđuje prolaz elektrolita dok blokira aktivni materijal. Obloga je punjena sa pulverizovanim olovo oksidom kao i sami aktivni materijal, i električni provodnik koji se sastoji od tankih olovnihi žičica (po jedna za svaku tubu) koji ide kroz celu tubu. Ovako je pozitivni aktivni materijal kompletno “usidren” i čak pomeranja kristalne linije prouzrokovano elektrohemijским reakcijama koje su se dogodile u toku punjenja i pražnjenja nemogu da proizvedu izolovanje na materijalima sve dok je zapečaćena u veoma jakom kontejneru.

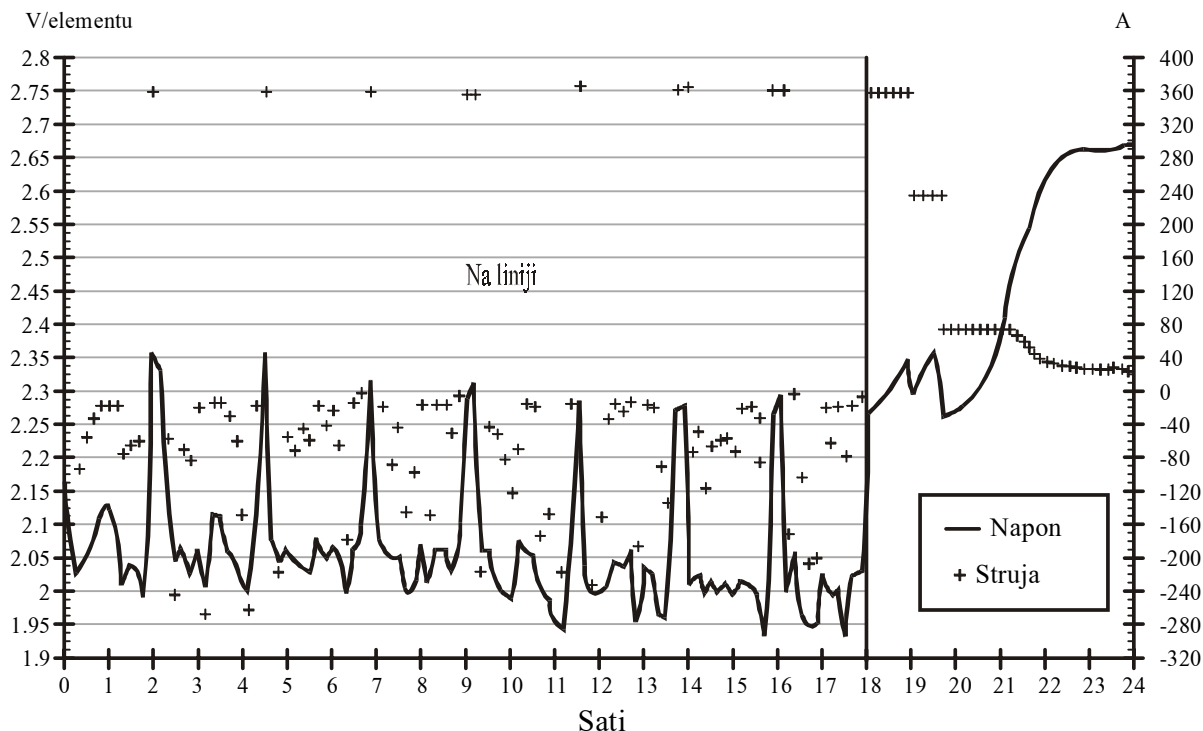
Negativna aktivna komponenta izolovana je od ravne mreže i prekrivena sa njom. Ona neće prouzrokovati nikakvu štetu po bateriju s obzirom da su kratkospojnici odstranjeni jer nema kontakta sa suprotno polarisanim aktivnim materijalom.

Ovakav tip baterije je konstruisan da garantuje radni vek od 5 godina sa dugim dnevnim pražnjenjima. (Podatak od Marelli Spa.).

	GLAVNA BATERIJA	POMOĆNA BATERIJA
TIP	Element HK 21	Baterija 6 STV 13
BROJ	120 elemenata od 2V	6 baterija od 12V
KAPACITET	1450Ah/5h	150Ah/10h
MASA	86kg	39kg
UKUPNA MASA	11t	235kg

ELEKTRIČNO PLOVILO
 vrednosti u toku pražnjenja glavne baterije
 na liniji 1 BIS (Piazzale ROMA - S. ZACCARIA)

28/10/90



PWM – ŠIRINSKA IMPULSNA MODULACIJA

Ulaz: Jednosmerna struja od glavne baterije pri naponu koji je između 204V i 250V.

Izlaz: Trofazna naizmjenična struja sa promenljivim naponom i frekvencijom kao i direktan ulaz u pogonski motor (E.P.M.) bez ikakvog sistema između

Tehnologija: Invertori i tranzistori sa podešenim ulaznim naponom i podešivim uzlaznim naponom.

Rad je karakterisan konstantnim momentom do nominalne učestanosti pri: $U/f = \text{const}$. Promena napona je proporcionalna frekvenciji i dejstvo na širinu impulsa.

Ovakva situacija prouzrokuje maksimalni moment pri različitim brzinama.

Sistem hladjenja: forsirano sa vodom za pogonsku jedinicu, fen za kontrolnu jedinicu (radi samo pri max. kapacitetu).

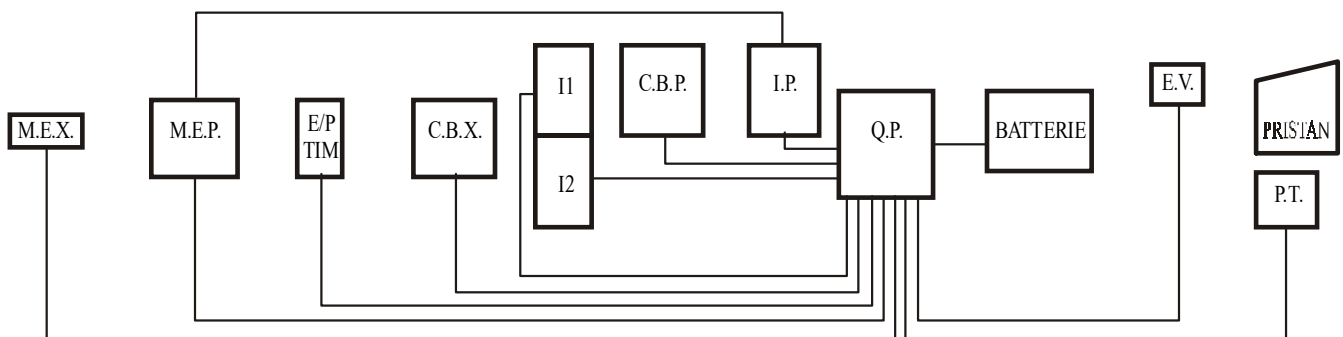
Kontrola: Komponente struje su kontrolisane da podese klizanje i rad EPM.

Spoljni prsten regulacije kontroliše brzinu.

Kontrola je kompjuterizovana i program je smešten u EPROM i koristi se pomoću mikroprocesora.

POGONSKI SISTEM

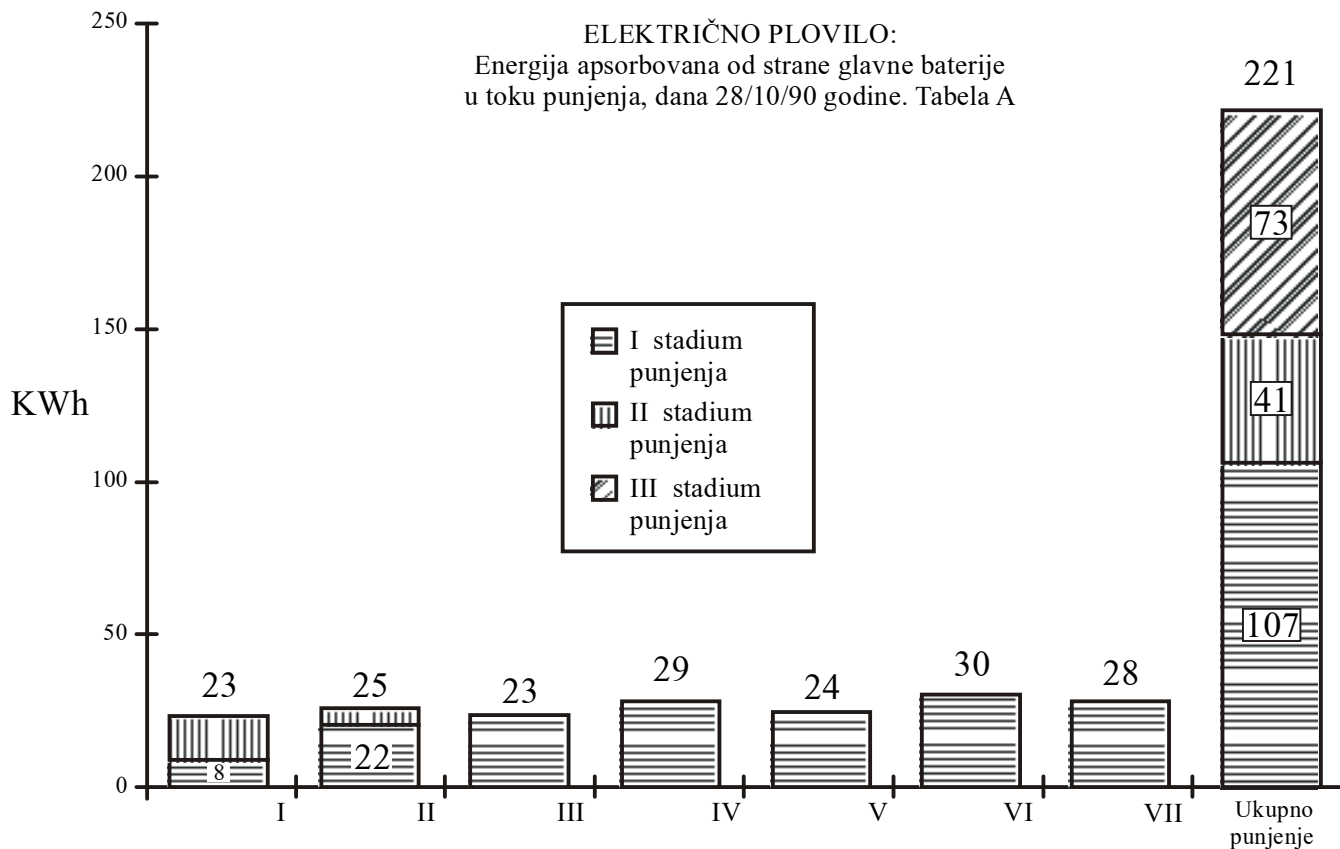
Slika 1 prikazuje blok dijagram pogonske i dodatne jedinice na plovilu.



Slika 1. Blok dijagram pogonske i dodatne jedinice na plovilu

1. M.E.X. – Dodatni el. Motor 240V DC 6,5kW
2. M.E.P. – Glavni el. Motor 140V AC 60kW
3. E/P TIM - El. Pumpa 240V DC
4. C.B.X. - Niz baterija (24V DC)
5. I1 – Invertor 1 240V DC / 220V AC
6. I2 – Invertor 2 240V DC / 220V AC
7. C.B.P. – Niz glavnih baterija (240V DC)
8. I.P. – Pogonski invertor DC/AC
9. Q.P. – Pogonska tabla
10. El. Ventilator 220V, 50Hz
11. Presa za zemlju 240V, 50 Hz

Punjenje je ostvareno pomoću specijalnog priključka koji na obali puni baterije trofaznom naizmjeničnom snagom i to preko glavnog punjača (C.B.P.). Kada je konekcija ostvarena, punjenje se izvršava proračunatim parametrima na optimalnoj vrednosti koji osiguravaju da se punjenje ne samo ostvari u potpunosti, već da dodje do minimalnog stvaranja gasova.



E.P.M. ili M.P.M. (na Italijanskom) je trofazni asinhroni motor sa kaveznim rotorom, izgradjen za uslove morskog saobraćaja.

Pogonski inverter (I.P.) koji snabdeva EPM energijom je tranzistorska PWM, sa napojnom jedinicom snage koja se hladi vodom i mikroprocesorski kontrolisanim kolima.

Dva invertora od kojih je jedan radni a jedan rezervni, snabdevaju energijom izlazne linije kada je vozilo u pogonu, zapravo: vodene pumpe u pogonskoj jedinici i fen u batrijskoj. Sistem uključuje i punjač baterija za dodatne baterije od 24V (C.B.X.) i električnu pumpu za hidraulički krug koji je za pozicioniranje propelerskog položaja.

Sve zaštite i manevarska oprema je smeštena na pogonskoj tabli (Q.P.). Kormilarska kućica ima sve kontrolne i upozoravajuće panele, kao i merne instrumente potrebne za upravljanje sistemom.

U konkretnom slučaju komanda je duplirana pa pilot sa može kretati od jednog upravljačkog do drugog upravljačkog mesta sa odličnom vidljivošću.

Primarni ciljevi su ostvarenje pouzdanosti sistema, pokretljivosti, efikasnosti pri opterećenju, potničke sigurnosti i udobnosti i uprošćene logike upotrebe.

POUZDANOST

Jedan od razloga upotrebe asinhronog motora je njegova velika robusnost i jednostavnost. Asinhroni motor je bez četkica kao DC motor, niti permanentne magnete ili ekscitacijska kola, i pre svega pod normalnim okolnostima upravljanja ne može izazvati nikakve štete kontrolnom kolu.

Što se tiče pogonskog invertora njegova tehnologija je savremena i veoma kvalitetna što ukomponovano sa trenutnim dizajnom kormilarskih kola čini mogućnost greške minimalnom. Korišćenje nekoliko komponenti u paralelnom radu čini da se date komponente, pri punom opterećenju koriste sa 50% svoje snage.

Kontrolna kola se sastoje od komponenti koje su širokooblastno i visokoperformansno integrisana u elektronske celine koje rade ispod termičkih granica čime smanjuju mogućnost kvara.

Sistem hladjenja je nepotreban i tako je kao rezerva ako bi se oglasio:

- alarm za prazne baterije
- alarm porasta temperature snagaških kola (on pokreće i rezervnu pumpu za hladjenje)
- alarm i zaštita protiv pregrevanja snagaškog kola
- protekcija protiv neregularnosti unutrašnjeg napajanja
- automatska zaštita od prekoračenja izlazne struje

Zaštitne mere isključuju pogon. Pogon se nastavlja postavljajući kontrolor brzine u početni položaj, uz naravno prethodno identifikovan i otklonjen razlog blokade.

POKRETLJIVOST

U zakrčenim, uskim vodama brza reakcija i preciznost u kontroli su neophodne.

Propeler se mora okrenuti i promeniti smer u trenutku. Da bi ovo postigli inercijski momenat kinetičkog lanca treba da je minimalan i podešenost sistema treba da je na maksimalnom momentu pri bilo kojoj brzini. Da bi promenili smer obrtanja motora kod asinhronog motora treba da promenimo redosled faza, i pomoću pažljivog podešavanja učestanosti, u toku usporavanja, može se vratiti jedan mali deo energije u baterije prethodno uzet od njih. Ova energetska obnova, iako mala da poveća iskorišćenost sistema, povećava pokretljivost i smanjuje vreme inverzije pod uslovima koji ostaju pod mogućnosti elektronske kontrole. Kako se propeler može okretati u obe strane, reverzibilnost može biti izlišna. Da li vozilo treba brzo da se dovede u stajaći položaj, prost manevar kontrole brzine je mnogo brži od 180-o stepenog okretaja propelera, i izbegava bilo kakav tranzistorski transverzivni udar.

Interakcija pilota i mašine treba da je minimalna: prekidač za invertorsko napajanje, dugme za paljenje kontrola je na kormilskoj poluzi.

Pogon nemože biti startovan dok je kontrolna poluga u početnom položaju. Tako izbegavamo neželjeni start.

Kontrolna poluga ima pokretačku zonu blizu početne zone.

Ovako je uradjeno jer, kako se motor pokreće čak i pri malim brzinama, pilot bi imao poteškoća oko pozicioniranja poluge naročito pri stajanju.

ISKORIŠTENJE

Nazivne vrednosti EPM su:

Izlazna snaga: 60kW pri nonstop radu

Brzina pri kojoj je izlazna snaga: 1300ob/min

Nazivni napon: 140V

Učestanost pri 1300 ob/min: 44Hz

Nazivna struja: 320A

E.P.M. je samoventilacioni i tangencijalni fen je efikasan i u smeru kazaljke na satu i obrnuto. Upotreba samoventilacione mašine je moguća zbog reverzibilne osobine propelera koji je kubičan a snaga motora je smanjena sa obrtanjem kao i kapacitet fena za hladjenje. Drugačije od drugih, nije moguće da motor generiše veliki momenat pri malim brzinama dugotrajno ili čak u stajanju, ako propeler nije dodirnuo dno ili neki objekt. Temperaturni senzori su zato ugrađeni da se uključe i isključe EPM. Kad se alarm ugasi, pilot može da odluči da li da nastavi sa pogonom ili ne. Komutaciona učestanost tranzistora nemože da postigne određene vrednosti, koje takodje zavise od struje koja kroz njih prolazi. U doprinos ovome, komutacija gubi na vrednosti sa povećanjem učestanosti: zato držimo učestanost motora pri max. brzini manju od 50 Hz.

Što se tiče onoga na šta utiče napon, treba ga tretirati u domenu napona koji proizvede baterijama snabdeven trofazni inverter i njegov glavni harmonik ima vrednost od vrha do vrha približno 63% od jednosmernog napona dovedenog na ulaz invertora, i opet je prepun viših harmonika. Ako bi smanjili količinu viših harmonika vrednost napona bi bila 50% od ulaznog napona.

Ako EPM ima harmonike koji izazivaju veće gubitke nego pri sinusoidalnom obliku, niži napon znači veće struje pa time i veće Džulove gubitke.

Uzeći u obzir pomenuto, usvojeno je prelazno rešenje, sa prihvatljivom količinom harmonika i manjim strujama. Preliminarne kalkulacije su izvršene sa empirijskim formulama, u kojima su uračunati svi potrebni gubici (fenovi, napajanje kontrolnog kola, gubici na kablovima) i to za prihvaćenu soluciju kao i za DC motor koji nije prihvaćen.

Procenjena vrednost iskorištenja, pri punom opterećenju, je oko 85%, za usvojeno rešenje i 79% za DC motor. Eksperimentalni rezultati izvedeni od operativnih testova pokazuju iskoristljivost od preko 86%.

KOMFOR I SIGURNOST PUTNIKA

Fizička prisutnost i operativnost pogonske jedinice je držano koliko god je to moguće nezatvoreno. Motor je montiran na gumenim podupiračima, da bi odbacio buku foničnih učestanosti kao i od harmonika struje.

Kao činjenica, u normalnoj operativnoj situaciji, motor proizvodi zviždeći zvuk kad je u opadanju ubrzanja ili kada je izlazna snaga velika. Buka koju čuju putnici je ipak ne tako glasna, zahvaljujući dobrom zvučnoj izolaciji.

Nikakve vibracije nisu primetne kao niti ikakav dim.

Baterije skladištene ispod palube su daleko od bilo kakve sigurnosne opreme. Vrlo je ne prikladno da baterije ispuste ikakvu merljivu količinu gasa ili hidrogena. U situaciji da je detektovana mala neškodljiva količina gasa, fenovi za izduvanje se automatski uključuju. Ako bi se količina gasa povećala i dostigla drugi stepen merjenja (idalje ispod dejstva opasnosti) rad bi stao.

Parcijalno i noćno punjenje se odvija van radnog vremena vozila pored obučanih ljudi po prostom ali preciznom planu. Sigurnosni sistem povezuje operaciju uključivanja i isključenja sa uključanim položajem start dugmeta (zavisi od njega).

U toku punjenja baterija, pogon ne može biti uključen.

OPERACIJE ZA POKRETANJE

Procedure operacija za pokretanje su držane na minimumu i manevri i operacije su što jednostavniji.

Pogon se može pokrenuti samo posle završenog ili prekinutog punjenja baterija, i zadržan je ubacivanjem selektora; invertovanjem operacije, pogon će se deaktivirati.

Punjenje je u potpunosti automatizovano kada je priključak jedanput ubačen i dugme ponovo pritisnuto.

Sva manevarska oprema može biti upravljana pomoću daljinskog upravljača iz kormilarnice gde su svi merni instrumenti i alarm. Pristup bateriji koja se nalazi u podpalublju je neophodan ako treba da isključimo celi sistem ili da uključimo sigurnosni prekidač baterije. E.P.M. ne zahteva ikakvo održavanje: ležajevi imaju garanciju od 30 hiljada radnih sati, a za druge delove se ne treba brinuti. Pogonski inverter kao i ostala elektronika ne zahtevaju održavanje.

Samo baterije traže periodični pregled, pre svega zarad izbegavanja smanjenja iskorišćenja u toku korišćenja.

Samo neki rezervni delovi su neophodni da bi plovilo bilo efikasni, i sve popravke se mogu obaviti od strane personela A.C.T.V., sem ozbiljnih kvarova električne opreme, koji su naravno jako ne učestali.

POHRANJENI PODACI

Kolekcija podataka do sada indicira da je zadati cilj postignut.

Operativni podaci su posvedočili da oprema u potpunosti odgovara specifikacijama projekta. Snaga dobijena zasigurno garantuje tražene performanse čak i preko njih.

Pokretljivost vozila je značajno dobra i pogotovo pokazuje dobre osobine u gužvi i plitkim vodama.

Efikasnost je takva da garantuje dobru iskoristljivost (upotrebljivost) svih komponenti sistema, i dug vek baterija takodje.

Postignuti rezultati potvrđuju izvesan optimizam za mogućnosti izmene dizel pogona ovakvim u potpunosti kod kraćnih relacija i voda na kopnu.

REFERENCE

[1] P.Acciari – Ansaldo Industria “Propulsione elettrica per i vaporette veneziani”