

Hlaðanlegar Rafhlöður Nikkel-Kadmíum “Ni-Cd”

Önnur útgáfa

Apríl 1999
Kristján Antonsson

Efnisyfirlit:

	Formáli	3
1.0	Nikkel kadmium rafhlöður	3
	1.1 Innihald, rýmd.....	4
	1.2 Spenna.....	5
	1.3 Sellusnúningur “cell reversal”.....	5
	1.4 Minnisáhrif “memory effect”.....	6
	1.5 Hleðsla.....	7
	1.6 Viðhaldshleðsla “trickle charging”.....	8
	1.7 Ending.....	8
	1.8 Notkunartími, flugtími.....	9
2.0	Eftirmáli	9
3.0	Notkun og almennar upplýsingar	9
	3.1 Prófun á rafhlöðunni.....	9
4.0	Gott er að hafa eftirfarandi í huga	11
	4.1 Raðtengja.....	11
	4.2 Beyglur.....	11
	4.3 Útfellingar.....	11
	4.4 Hlaða.....	11
	4.5 Ofhlaða.....	11
	4.6 Hlaða án þess að tæma.....	12
	4.7 Hlaða og prófa.....	12
	4.8 Merkja rafhlöðuna.....	12
	4.9 Nota 6 volt.....	12
	4.10 Tengja tvær rafhlöður.....	12
	4.11 Tvær rafhlöður.....	12
	4.12 Taka rafhlöðuna úr.....	12
	4.13 Þekkja spennueiginleika.....	12
5.0	Dæmi um afhleðslu á nokkrum rafhlöðum	13

Kæri lesandi!

Að fljúga flugmódelum og smíða er mjög skemmtilegt, þar þurfa menn að takast á við hin ýmsu öfl náttúrunnar og sjálfan sig.

Oft á tíðum er búið að eyða ómældum tíma og fyrirhöfn í að smíða flugmódelið, setja í það fjarstýringuna, mótórin og prófa hvort allt virkar. Þegar komið er á fugvöllinn og vélinn fer í loftið virðist allt ganga að óskum en þá, allt í einu, gerist eitthvað. Ekkert virkar og nýja vélin er á augnabliki komin í jörðina stórskemmd.

Við nánari skoðun finnst ekkert að, fjarstýringin virkar eðlilega. Hvað gerðist ?

Þessi saga á ekki bara við um ný módel. Þetta gerist líka þó um gamla vél sé að ræða, vél sem var í fullkomnu lagi síðasta sumar, hafði bara verið í geymslu í vetur. Þetta getur líka hent á miðju sumri. Hvert er vandamálið ?

Það geta verið margar ástæður fyrir því að flugmódelið krassar (ferst). Í fyrsta lagi mannleg mistök, sem oft er erfitt að kyngja. Í öðru lagi bilun svo sem vængur brotnar eða eitthvað dettur úr sambandi þannig að vélin verður stjórnlaus. Í þriðja lagi fjarstýring bilar. Það sem er erfiðast að skilja er krass þar sem engin sýnileg ástæða finnst og allt virkaði eðlilega. Þegar búið er að sækja brotin og athugað hvort fjarstýringin virki þá er allt eðlilegt. Hver er vandinn ?

Mjög líklegt er að vandinn sé móttakara rafhlaðan.

Algengustu rafhlöður sem notaðar eru í flugmódelum eru hlaðanlegar rafhlöður svo kallaðar Nikkel Kadmium (Ni-Cd) rafhlöður sem ég mun fjalla um hér á eftir.

Fyrir nokkru kom á markað ný gerð af rafhlöðum, Nickel Metal Hydride rafhlaða (Ni-MH) sem hefur 30 – 50% meira orkurými en Ni-Cd rafhlaðan. Þarna virtist vera komin rafhlaðan sem okkur vantaði og vakti því áhuga margra.

Ég mun ekki fjalla nánar um þessa gerð af rafhlöðum en vil ráða mönnum frá því að nota þær, allavega enn sem komið er. Þær geta reynst mjög hættulegar og eru ekki allar þar sem þær eru séðar og tala ég þar af eigin reynslu.

1.0 Nikkel kadmium rafhlöður

Frumherji Ni-Cd rafhlöðunnar er vísindamaðurinn Waldimar Junger en hann fann hana upp árið 1899. Á svipuðum tíma vann Tómas Alfa Edison að gerð hlaðanlegrar rafhlöðu sem byggðist á nikkeli og járn.

Efnin í báðar þessar rafhlöður voru mjög dýr sem gerði þær ósamkeppnishæfar við venjulegar rafhlöður. Mikið var unnið að endurbótum á rafhlöðunum en það var þó ekki fyrr en 1950 að búið var að þróa þær það mikið að þær væru samkeppnishæfar við venjulegar rafhlöður.

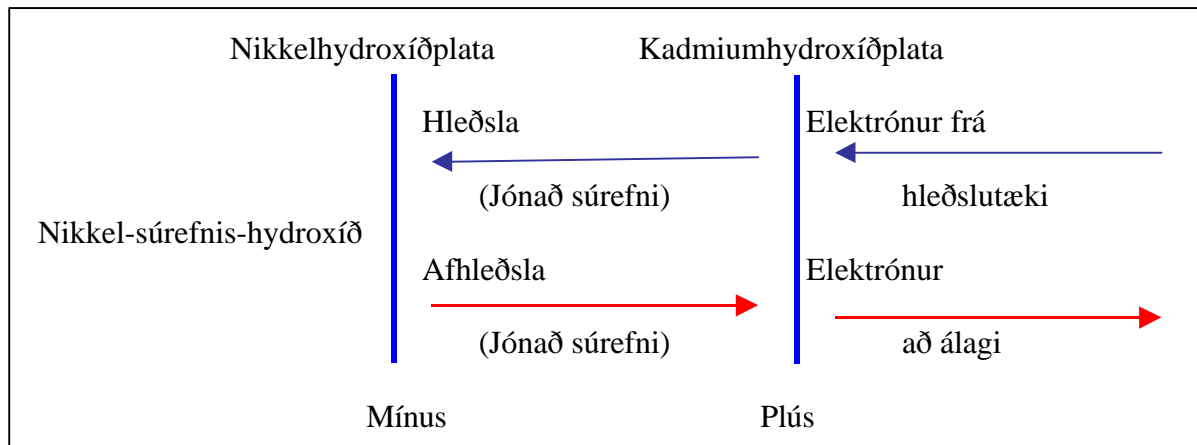
Kostir nikkell kadmium rafhlaða eru:

1. Góð nýtni
2. Langur endingartími á hleðslu
3. Mikill fjöldi endurhleðsla
4. Mikil orka í lítilli stærð
5. Tiltölulega létt
6. Mjög lítið viðhald
7. Þola mikið hnjask
8. Tiltölulega ódýrar

Rafhlöður

1.1 Uppbygging rafhlöðunnar

Nikkel kadmium rafhlaða (sella) samanstendur af nikkelfhydroxíðplötu, kadmium hydroxíðplötu og á milli þeirra er leiðnilausn sem gerð er úr kalíum hydroxíði og vatni. Þegar rafhlaðan (sellan) er hlaðin eða afhlaðin á sér stað ákveðið efnafræðiferli sem kallast oxydation- reduction ferli sem felst í því að jónað súrefni er flutt á milli platnanna (rafskautanna) án þess að það breyti nokkru í eðli þeirra. Þetta þýðir að það sem tekið er frá jákvæðu plötunni og flutt yfir á þá neikvæðu við hleðslu flytst til baka við afhleðslu, mynd 1.



Mynd 1.

Hver rafhlaða (sella) gefur ca. 1,4 volt fullhlaðin og ca. 1,2 volt við álag.

Rafhlöðurnar eru yfirleitt settar saman úr fleiri en einni sellu sem eru raðtengdar til þess að ná notkunar spennunni..

Við hleðslu myndast súrefni og vetni í rafhlöðunni, súrefni þó í mun meira mæli. Þrýstingur myndast því inni í rafhlöðunni og getur hann farið í um það bil $0,07 \text{ kg/cm}^2$ við venjulega hleðslu. Ef rafhlaðan er yfirhlaðin eykst framleiðslan á súrefni mjög hratt (það myndast einnig vatn) og getur þrýstingurinn farið í 6 kg/cm^2 eða meira, allt eftir hleðsluhraðanum, auk þess sem töluverður hiti myndast. Meðan ekki er ofhlaðið gengur súrefnið í samband við vetnið og enginn vökví tapast.

Til þess að rafhlaðan springi ekki við ofhleðslu er hafður á henni ventill sem hleypir út gasinu. Með gasinu getur lekið út leiðnilausn og skemmist þá rafhlaðan.

Það er því mikilvægt að huga vel að hleðslunni og hafa hana rétta.

1.2 Orkuinnihald, rýmd

Stærð platnanna ákvarðar orkuinnihald (rýmd) rafhlöðunnar (sellunnar). Því stærri sem plöturnar eru því meiri orka (rýmd). Rýmdin er mæld í milliamprestundum (mAh) sem er strauminn sem rafhlaðan getur gefið frá sér í eina klukkustund.

Rafhlöðurnar eru merktar mAh. Rafhlaða sem merkt er 700 mAh getur fullhlaðin gefið 700 mA straum í eina klukkustund og er þá tóm.

Rafhlöður

Mikið úrval er til af rafhlöðum með rýmd frá nokkrum milliamperstundum í þúsundir milliamperstunda. Rafhlöður sem algengastar eru í flugmódelum eru frá ca. 500 mAh í ca. 3000 mAh.

1.3 Spenna

Spennan yfir fullhlaðna sellu er ca. 1,4 volt en fellur fljótt í 1,2 volt og helst stöðug þar til sellan er nánast tóm en fellur (lækkar) síðan mjög hratt, sjá mynd 5. Ekki er talið ráðlegt að láta spennuna fara niður fyrir 1,1 volt áður en hún er endurhlaðin. Til þess að fá bestu endingu á helst alltaf að afhlaða selluna í 1,1 volt áður en hún er hlaðin.

1.4 Sellusnúningur “ cell reversal “

Oftast er þörf fyrir hærri spennu en 1,2 volt og verður því að raðtengja sellur. Í flugmódelum er oftast þörf fyrir 4,8 volt, 6 volt og 9,6 volt og þarf því að raðtengja 4, 5 eða 8 sellur.

Þegar sellur eru raðtengdar getur skapast vandamál því sellurnar eru ekki endilega allar nákvæmlega eins hvað varðar rýmd, það getur munað örlitlu.

Þessi mismunur verður til við framleiðslu rafhlöðunnar og í nákvæmni og gæðaeftirliti.

Hægt er að fá rafhlöður sem eru nánast eins en þá verður að velja þær sérstaklega í framleiðslunni og verða þær þá um leið mun dýrari.

Rafhlöður sem eru notaðar í flugmódel eru ekki sérstaklega valdar og eru þær því ekki allar alveg eins. Við afhleðslu getur ein sellan tæmst á undan annari, spennan yfir hana snýst við eins og eigi að fara að hlaða hana, sem er þó ekki, heldur er áfram verið að afhlaða hana. Þetta kallast sellu snúningur “ cell reversal ”. Við þetta skemmist sellan varanlega án þess þó endilega að verða ónýt en rýmd hennar minnkar.

Þetta getur hent okkur þegar við erum að afhlaða rafhlöðurnar því við mælum heildarspennuna yfir hana en ekki spennuna yfir hverja sellu fyrir sig.

Við fylgjumst með heildarspennuni og hættum afhleðslu þegar hún er komin í 4,4 volt, 5,5 volt eða 8,8 volt. Það er allt í lagi að gera þetta á þennan hátt, bara ef það er ekki gert of oft.

Í raunveruleikanum er þetta ekki stórt vandamál ef rafhlöðurnar eru allar merktar með sömu rýmd (mAh), það skal þó tekið skýrt fram að það má alls ekki raðtengja rafhlöður með mismunandi rýmd (mAh).

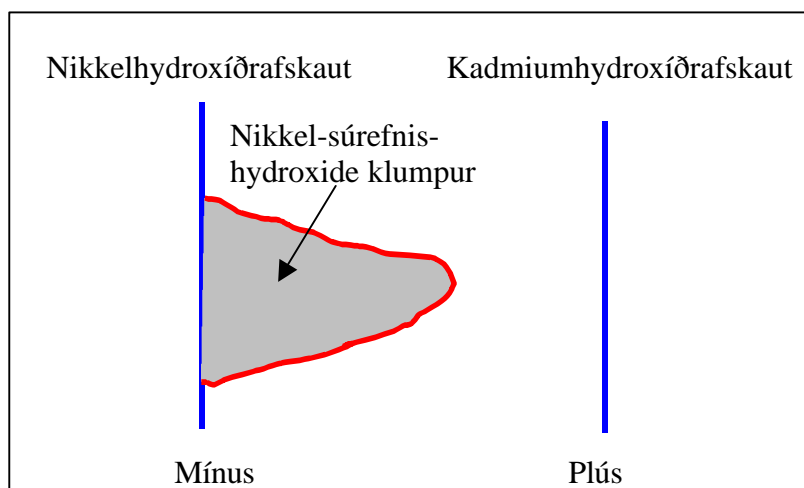
Ef um er að ræða rafhlöður sem notaðar eru fyrir mótora í rafmagnsmódelum er þessi hætta síður fyrir hendi vegna þess að rafhlöðurnar eru valdar saman og gerðar fyrir mikinn straum og hraðhleðslu.

Rafhlöður

1.5 Minnisáhrif (Memory effect)

Nikkelhydroxíð rafskautið getur skapað vandamál en við rétta notkun er jafnt lag af nikkelkristöllum á því.

Þegar rafhlaðan er hlaðin breytist nikkelhydroxíð í nikkel-súrefnis-hydroxíð sem síðan breytist aftur í nikkelhydroxíð við afhleðslu. Ef rafhlaðan er hlaðin lengi við lágan straum er hætt á því að nikkel-súrefnis-hydroxíð mólíkúlin hrúgist upp og myndi smámsaman klumpa eða fjöll “dendrites”, sem minnka rýmd sellunnar, mynd 2.



Mynd 2.

Til þess að koma í veg fyrir að Nikkel-súrefnis-hydroxide klumpur myndist þarf að afhlaða rafhlöðuna í 1,1 volt á sellu áður en hún er endurhlaðin.

Ef rafhlaðan er hlaðin með lágu straumgildi í langan tíma, ofhlaðin eða stendur ónotuð í langan tíma fullhlaðin (t.d. á viðhaldshleðslu) er hætt á þessu vandamáli.

“Minnisáhrifin” lýsa sér þannig að raunveruleg rýmd rafhlöðunnar minnkar. Eina leiðin til að sjá það er að prófa rafhlöðuna, mæla rýmd hennar.

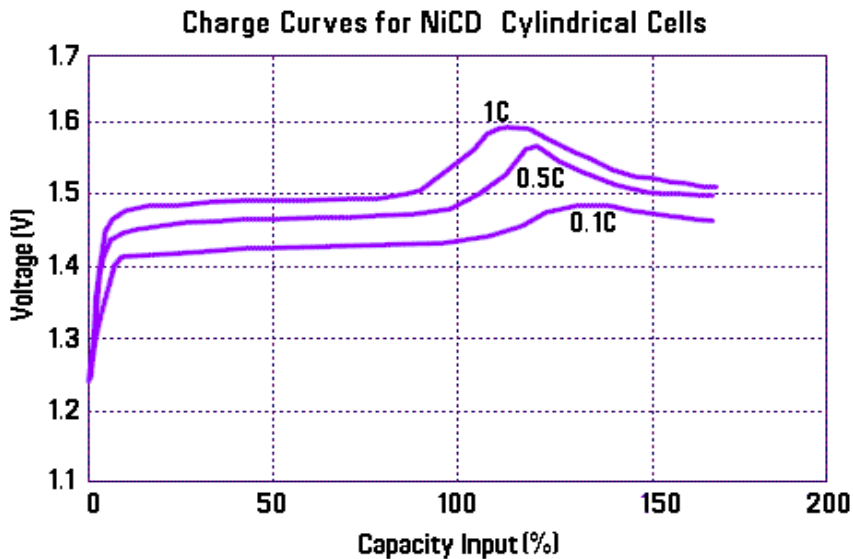
Rafhlaða sem sýnir þessa hegðun er hugsanlega hægt að laga með því að hlaða og afhlaða hana nokkrum sinnum.

Það er reyndar ekki rétt að tala um minnisáhrif, því áhrifin eiga ekkert skilt við minni. Fyrirbærið stafar m.a. af ofhleðslu, og væri réttara að tala um ofhleðsluáhrif. Þegar vítað var hvað var á seyði, fannst sumum, að rafhlaðan myndi hve lengi hún væri yfirleitt notuð í hvert sinn fyrir endurhleðslu. Síðar kom í ljós hver raunveruleg ástæða var en nafnið “minnisáhrif” hefur haldist.

Rafhlöður

1.6 Hleðsla

Nikkelkadmíum rafhlöður þarf að hlaða með stöðugum straum.



Mynd 3.

Hleðslulínurit fyrir Nikkel-kadmíum rafhlöður

Rýmd rafhlöðunnar skráð í mAh, en orkuinnihaldð (mWh eða Wh) er margfeldi málsþennu hennar og rýmdar í mAh.

C táknar þann straum sem er jafn rýmd rafhlöðunnar í mAh.

Dæmi: 250 mA straumur í 500 mAh rafhlöðu er 1/2C, 500 mA straumur er 1C og 1000 mA straumur er 2C.

Með fjarstýritækjunum fylgja oftast hleðslutæki sem hlaða með straumnum C/10 sem miðast þá við þær rafhlöður sem fylgja með tækjunum.

Þessi hleðslutæki eru ágæt því hleðsluhraðin (straumurinn) er ekki nógu mikill til að hætta sé á því að rafhlaðan skemmist þó hún sé hlaðin of lengi (kemur að mestu í veg fyrir ofhleðslu (gas og hitamyndun)) en kemur þó ekki í veg fyrir myndun á nikkel-súrefnis-hydroxíð klumpum (memory effect).

Hleðslutíminn er 14 - 16 klst.

Á markaðnum eru fáanlegar margar tegundir og gerðir af hleðslutækjum, hraðhleðslutækjum og örtölvustýrðum hleðslutækjum sem gera allt fyrir mann.

Þessi tæki eru mörg frekar dýr en þægileg en ekki endilega nauðsynleg. Það er hægt að notast við hleðslutækin sem fylgdu fjarstýringunni en það verður bara að muna að setja í hleðslu kvöldið fyrir flug.

Ein hleðsluáferð er að fylgjast með spennunni yfir rafhlöðuna og láta hana ákvarða hvenær hleðslu er hætt. Þetta má gera vegna þess að þegar rafhlaðan er orðin fullhlaðin hækkar spennan og ef hleðslu er haldið áfram fer hún lækandi þ.e. spennutoppur myndast, sjá mynd 3. Því má fylgjast með spennunni og hætta hleðslu um leið og hún t.d. byrjar að lækka. Það má líka fylgjast með hitastiginu á rafhlöðunum, því rafhlaðan hitnar hratt eftir að hún er fullhlaðin, og hætta hleðslu þegar hitinn er komin í ákveðið gildi. Þetta á sérstaklega við um hraðhleðslu t.d. í

Rafhlöður

rafmagnsmódelum. Allt þetta má gera sjálfvirkt, hægt er að kaupa margar gerðir af hleðslutækjum sem eru útbúin þessari tækni.

Önnur aðferð er hleðslutækni sem upphaflega var þróuð fyrir bandaríska herinn til notkunar í tækjum með rafhlöðum sem alls ekki máttu bila svo sem í flugskeytum og sprengjum ýmiskonar. Tækni þessi kallast Reflex hleðsluaðferð og byggir á því að rafhlaðan er hlaðin augnablik og síðan afhlaðin örstutta stund.

Fylgst er með spennunni yfir rafhlöðuna og einnig er hægt að fylgjast með hitanum. Með þessari aðferð er hægt að hlaða rafhlöðuna með mun meiri straum án þess að hætta sé á að hún skemmist

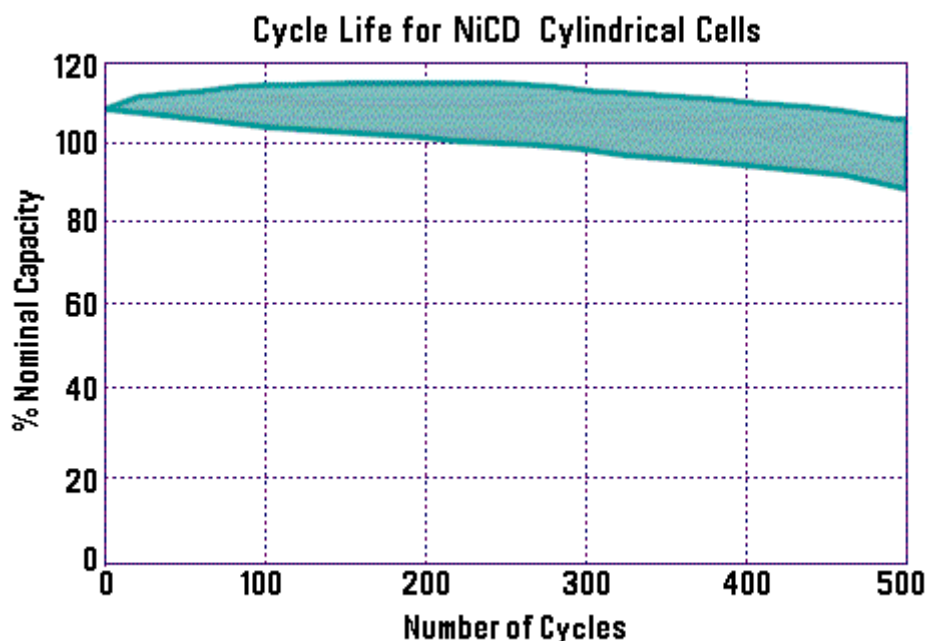
1.7 Viðhaldshleðsla. (Trickle Charging)

Þegar rafhlaðan stendur ónotuð afhleðst hún af sjálfu sér ca. 1% á dag við herbergishita. Viðhaldshleðsla er eins og venjuleg hleðsla nema minni straumur, á bilinu C/50 til C/20.

Hægt er að útbúa viðhaldshleðslu með því að nota rofaklukku sem stillt er þannig að hún kveikir á hleðslutækinu einn til tvo tíma á sólarhring. Með því móti má nýta gamla hleðslutækið. Þó verður að byrja á því að hlaða rafhlöðuna í 14 – 16 klst. Með þessu móti helst rafhlaðan alltaf fullhlaðin og það má skutlast fyrirvaralaust á flugvöllinn.

1.8 Ending

Samkvæmt upplýsingum frá framleiðendum er gert ráð fyrir því að rafhlöðurnar þoli yfir 500 hleðslur í sumum tilvikum yfir 1000, sjá mynd 4. Það er ekki óeðlilegt að rafhlaðan missi á tiltölulega skömmum tíma u.þ.b 20% af orkuinnihaldinu. Ef geyma þarf rafhlöðuna í lengri tíma er betra að hafa hana óhlaðna.



Mynd 4.

Rafhlöður

1.9 Notkunartími, flugtími

Flugtíminn fer m.a. eftir stærð flugmóðelsins, stærð rafhlöðunnar í mAh, álagi á stýrivélar (stýrifleti) og fjölda þeirra. Nálíga má tímann með því að mæla strauminn sem stýrivélar taka, láta þær hreyfast um leið og straumurinn er mældur, einnig eru til spennumælur sem settir eru í móðelið og sýna þeir hvort spennan er næg eða ekki. Eitt er þó gott að hafa alltaf í huga. Ef maður er ekki alveg öruggur á því að rafhlöðurnar endist flugið þá á að sleppa því.

2.0 Eftirmáli

Nikkel-Kadmíum rafhlaðan er flókið fyrirbæri og hafa verið skrifaðar margar kennslubækur um hana. Þessvegna væri hægt að fjalla um hana á nokkur hundruð blaðsíðum.

Þeir sem hafa brennandi áhuga á að afla sér meiri upplýsinga geta ef þeir vilja haft samband við mig.

Hér á eftir eru upplýsingar um nokkur atriði sem gott er að hafa í huga.

3.0 Notkun og almennar upplýsingar

3.1 Prófun á rafhlöðunni

Það sem kemur hér á eftir miðast við að gera hlutina á eins einfaldan hátt og mögulegt er án þess að komi til verulegra útgjalda. Það eina sem gæti þurft að kaupa er ódýr spennumælir og ein bílaperu 12v 10w sem lóða þarf á tvo víra. Á þennan hátt fæst einföld og ódýr leið til að vita allt (næstum) um gæði rafhlöðunnar. Sjá einnig blaðsíðu 13.

Athugið hvort spenna er á rafhlöðunni, ef svo er þarf að afhlaða hana en það er auðveldast að gera með 12 volta 10 watta bílaperu, hún gefur mátulegt álag.

Tengið peruna yfir rafhlöðuna og mælið spennuna og þegar hún er komin í 1,1 volt á sellu er þar fjarlægð, sjá töflu 1.

Fullhlaðið rafhlöðuna.

Peran er nú tengd yfir rafhlöðuna og spennan mæld og skráð niður á fimm mínútna fresti (spennan er lengst af ca. 1,2 volt á sellu) þar til spennan er komin í 1,1 volt á sellu og er þá afhleðslunni hætt.

Straumurinn sem rennur frá rafhlöðunni er nokkurnvegin í samræmi við töflu 1 og spennuformið samkvæmt mynd 6.

Rafhlöður

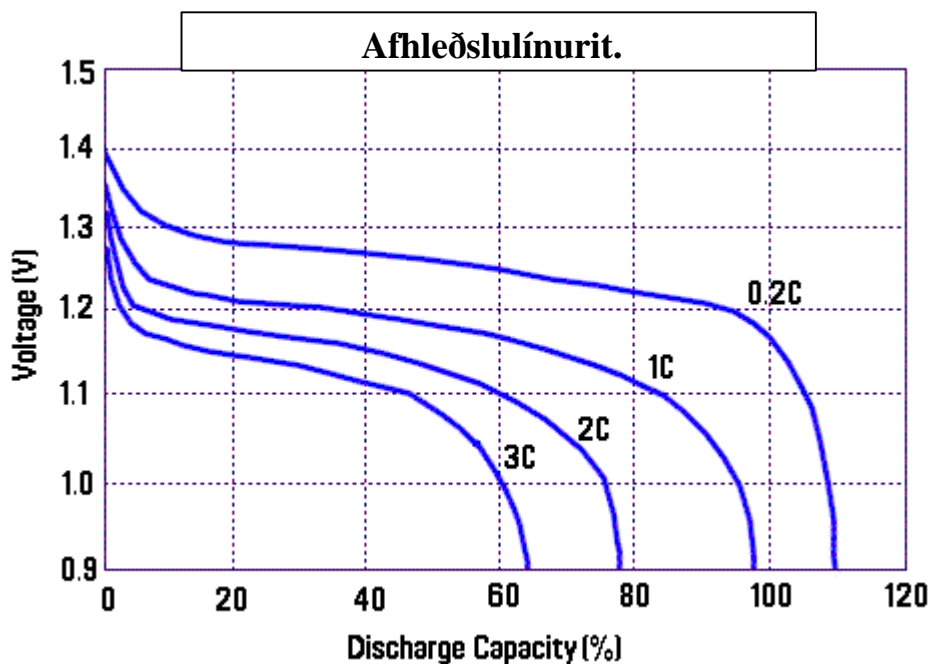
Fjöldi sella :	4	5	8
Spenna v :	4,8	6,0	9,6
Straumur mA :	ca. 430	ca.490	ca.590
Hætta afhleðslu þegar spennan er orðin v:	4,4	5,5	8,8

Tafla 1.

Það tekur um það bil 90 mínútur að afhlaða 4,8v 700 mAh rafhlöðu.

Athugið, það verður að mæla spennuna eins nálægt rafhlöðunni og mögulegt er, helst á rafhlöðunni sjálfri, vegna spennufalls í vírunum. **Það er í lagi ef rafhlöðuleiðslan er ekki of löng að mæla spennuna á tenginu.**

Ef rýmd rafhlöðunnar er önnur breytist tíminn hlutfallslega, meiri rýmd, lengri afhleðslutími.



Mynd 5.

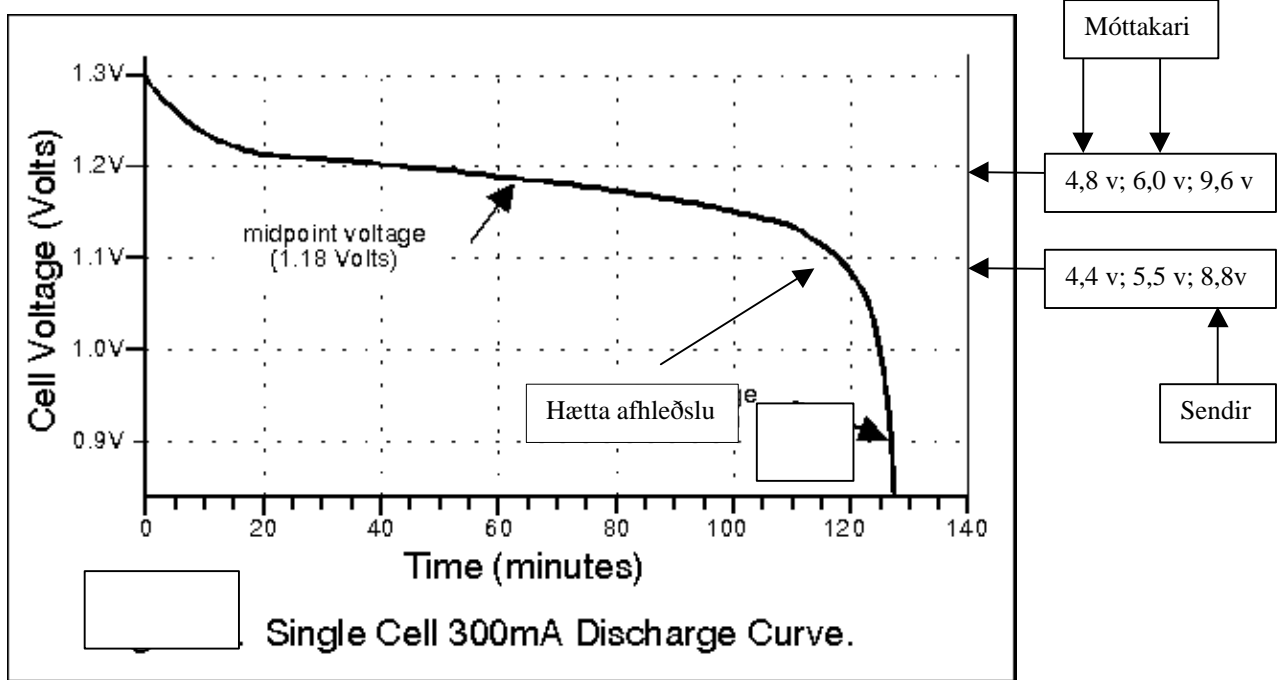
Ef afhleðslan tekur óeðlilega stuttan tíma er eitthvað að. Þá borgar sig að endurhlaða rafhlöðuna og fylgjast með spennunni yfir hverja sellu því ein gæti verið ónýtt.

Það sést í afhleðslu því þá fellur spennan yfir viðkomandi sellu í núll, og er þá oft nóg að skipta henni út með nýrri. (það geri ég oft). Ef þið eruð ekki alveg örugg hendið rafhlöðunni og kaupið eða búið til nýja.

Rafhlöður

Þegar allt virkar eðlilega er gott að teikna línurit fyrir rafhlöðuna, sjá mynd 6, þar sem spennan er annar ásinn og tíminn hinn, en þetta gerir manni kleift að fylgjast með rafhlöðunni á einfaldan hátt í framtíðinni. Það verður þó að taka fram að línuritið er aðeins dæmi um hvernig afhleðsluferlið lítur út og má alls ekki taka bókstaflega.

Svona mælingu á að gera alltaf annað slagið, alltaf áður en flugvertíðin hefst eða ef rafhlöðurnar hafa staðið lengi ónotaðar.



Mynd 6.

Mjög gott er að hlaða og afhlaða nýjar rafhlöður 3-4 sinnum áður en þær eru teknar í notkun í fyrsta skipti.

Ég hef oftast en einusinni gert rafhlöðu, sem var orðin orkulaus, góða bara með því að hlaða og afhlaða hana nokkrum sinnum.

Ef þessu er fylgt getur maður verið öruggur á því að flugmódelið krassar ekki vegna rafhlöðuvandamála heldur einhvers annars.

4.0 Gott er að hafa eftirfarandi atriði í huga.

- 4.1 Aldrei að raðtengja rafhlöður með mismunandi rýmd (mAh).
- 4.2 Ef beyglur eru á sellum í rafhlöðunni t.d. eftir brotlendingu, skiptið þeim út.
- 4.3 Ef útfellingar, hvítt duft, er við plús pólinn er rafhlaðan ekki örugg, hendið henni og kaupið nýja.
- 4.4 Ekki hlaða rafhlöðurnar mjög oft án þess að tæma þær.
- 4.5 Ekki ofhlaða, því þá geta myndast þessi margumtöluðu minnisáhrif (memory effect) sem lýsa sér á þann veg að allt í einu er rafhlaðan tóm þó nýbúið sé að hlaða hana og bara búið að fljúga eitt flug.

Rafhlöður

4.6 Það er allt í lagi að hlaða rafhlöðu án þess að búið að tæma hana ef farið er eftir því sem fjallað er um í prófun á rafhlöðu. Minnisáhrifin myndast smámsaman og með því að afhlaða rafhlöðuna annarslagið er komið í veg fyrir þau.

4.7 Góð regla er að afhlaða og prófa rafhlöðurnar **alltaf** áður en flugvertíðin hefst á vorin, einu sinni á miðju sumri og í lok flugvertíðar.

4.8 Merkið rafhlöðurnar með númerum svo auðvelt sé að þekkja þær.

4.9 Góð regla er að nota 6 volta rafhlöður (5 sellu) frekar en 4,8 volta rafhlöður. Stýrivélarnar (servóin) vinna mun hraðar og ef svo ólíklega vildi til að ein sellan bilaði fellur spennan í 4,8 volt, móttakarinn virkar áfram.

4.10 Það má tengja tvær rafhlöður beint við móttakarann jafnvel þó rýmd þeirra sé mismunandi, spennan verður þó að vera sú sama. Heildarrýmdin verður summan af rýmd beggja rafhlaðanna og engin hættu er á því að önnur rafhlaðan fari að hlaða hina. Gott er að hafa rofa fyrir hvora rafhlöðu fyrir sig.

4.11 Góð regla er, sérstaklega í stærri módelum, að hafa tvær rafhlöður og tvær rofasnúur.

4.12 Gott er að taka rafhlöðurnar úr flugmódelinu þegar vertíðinni er lokið og geyma þær óhlaðnar á þurrum og ekki of heitum stað.

4.13 Áriðandi er að þekkja spennueiginleika þeirra rafhlaðna sem notaðar eru, og ekki notast við standard afhleðslukúrfur eins og er sýnd á mynd 6. Framkvæmið afhleðslumælingu eins og sýnd er á bls 12, skráið spennuna.

Rafhlöður

5.0 Dæmi um afhleðslu á nokkrum rafhlöðum.

Dæmi um afhleðslu með 12v 10w bílaperu. Spennan mæld á tenginu. Það er í lagi ef rafhlöðuleiðslan er ekki of löng.

Tími mín	Rafhl. Nr. 1 4,8 V 700 mAh ca 430 mA straumur	Rafhl. Nr. 2 6,0 v 1600 mAh ca 490 mA straumur	Rafhl. Nr. 3 6,0 v 700 mAh ca. 480 mA straumur	Rafhl. Nr. 4 9,8 v 500 mAh ca. 590 mA straumur
0	5,30	6,72	6,58	11,06
5	5,129	6,55	6,35	10,10
10	5,037	6,47	6,22	9,80
15	5,01	6,40	6,15	9,67
20	4,98	6,35	6,15	9,52
25	4,97	6,31	6,15	9,35
30	4,94	6,28	6,15	9,24
35	4,92	6,23	6,14	9,14
40	4,90	6,18	6,12	9,02
45	4,87	6,14	6,11	8,88
47				8,80
50	4,84	6,12	6,09	
55	4,81	6,12	6,07	
60	4,75	6,11	6,06	
65	4,70	6,11	6,04	
70	4,63	6,11	6,01	
75	4,50	6,11	5,97	
76	4,40			
80		6,11	5,93	
85		6,10	5,87	
90		6,09	5,76	
95		6,08	5,50	
100		6,07		
105		6,06		
110		6,05		
115		6,04		
120		6,03		
125		6,01		
130		6,00		
135		5,98		
140		5,96		
145		5,93		
150		5,90		
155		5,86		
160		5,81		
165		5,72		
170		5,50		

Þessi rafhlaða er í sendinum og er því tiltölulega auðvelt að fylgjast vel með henni

Rafhlaðan er gömul en dæmd í lagi, það þarf að fylgjast með henni

Rafhlaðan er ný og góð

Rafhlaðan er ekki ný en dæmd í lagi

Rafhlaðan er ný og góð