

(19)



(10) **LT 2012 103 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2012 103**

(51) Int. Cl. (2014.01): **H01M 10/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2012 11 12**

H02J 7/00

H04L 12/00

H04L 29/00

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2014 05 26**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(71) Pareiškėjas:

UAB Elektromotus, Žirmūnų g. 68, 09124 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

Mindaugas MILAŠAUSKAS, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

—

(54) Pavadinimas:

Akumuliatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistema, naudojanti nuoseklų duomenų perdavimą ir jos darbo būdas

(57) Referatas:

Akumuliatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistema ir joje naudojamas duomenų perdavimo, matavimo bei balansavimo būdas priklauso elektrotechnikos sričiai, būtent elektros grandinių sistemoms, skirtos baterijų pakrovimo arba depoliarizacijai, arba apkrovų maitinimui iš baterijų bei baterijų antrinių elementų gamyba. Sistemoje naudojamas duomenų perdavimo būdas priklauso skaitmeninės informacijos perdavimo sričiai. Sistema yra skirta baterijos elementų įkrovimo balansavimui valdoma iškrovimo srove ir yra sudaryta iš kiekvienam akumuliatoriaus baterijos elementui skirtų modulių, kurie yra sujungti su baterijos elementais ir sujungti vienu duomenų perdavimo laidu nuosekliai tarpusavyje be optinio atskyrimo. Taip sujungtų modulių grandinė yra jungiama su centriniu valdymo bloku panaudojant optinį atskyrimą valdymo bloko duomenų perdavimo linijose su pirmu ir paskutiniu grandinės moduliu. Siekiant taupyti akumuliatoriaus paskutinio akumuliatoriaus grandinėje esančio elemento energiją naudojamas optinis atskyrimas su dviem optoizoliatoriais, vartojantis energiją tik signalo pasikeitimo momentu. Duomenų perdavimo šia grandine būdui skirtos išsiskaičiavimo, duomenų įrašymo visiems ir vienam modeliui, duomenų perskaitymo iš visų ir vieno modulio komandos. Komandų ir duomenų perdavimo būdui naudojami skaidraus ir neskaidraus duomenų perdavimo režimai, kurie priklausomai nuo komandos tipo kombinuojami skirtingais laiko momentais, kurie užtikrina galimybę perduoti ir gauti duomenis tiek vienam, tiek ir visiems moduliams.

Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistema, naudojanti nuoseklų duomenų perdavimą ir jos darbo būdas

Technikos sritis

H01M 10/42 Antriniai elementai; Jų gamyba. Metodai arba priemonės, skirtos aptarnauti antrinius elementus arba antrinių elementų dalis

H02J 7/00 Elektros grandinių sistemos, skirtos baterijų pakrovimui arba depoliarizacijai, arba apkrovų maitinimui iš baterijų

H04L 12/66 Sistemos, skirtos skirtingus perjungimo sistemų tipus turinčių tinklų tarpusavio sujungimui

H04L 29/02 Ryšio valdymas; Ryšio apdorojimas

Technikos lygis

Žinomas JAV patentas US 5,701,068 „BATTERY MANAGEMENT SYSTEM“ 1997-12-23 aprašo pakraunamų akumulatoriaus elementų nuoseklios grandinės balansavimo sistemą, kurios baterijos elementų modulius valdo centrinis procesorius. Šioje sistemoje kiekvienas akumulatoriaus baterijos elementas turi modulį, sudarytą iš įtampos bei temperatūros jutiklio mazgo (sensor node angl.), optinių izoliatorių mazgo (opto-isolation angl.), magistralės tvarkiklio (line driver angl.) ir įtampos keitiklio (DC/DC converter angl.). Kiekvienas elemento modulis turi 8 prijungimo išvadus. Dviem išvadais toks modulis yra jungiamas prie akumulatoriaus elemento „+“ ir „-“ gnybtų, kiti 2 išvadai yra skirti sujungti modulius nuosekliai tarpusavyje, dar 2 išvadai yra skirti duomenų perdavimui naudojant RS-485 standartą ir 2 išvadai yra skirti atvesti maitinimą į įtampos keitiklį. Modulio veikimą valdo 28 išvadų mikrovaldiklis (U3 schemeje Fig. 3), kuris registruoja matuojamus parametrus ir sukuria valdymo signalus modulio įrenginiams ir

duomenų apskeitimui su centriniu procesoriumi. Duomenų apskeitimui iš viso naudojami 4 modulio išvadai, kuriems valdyti naudojami 8 mikrovaldiklio (U3) išvadai. Kiekvienas mikrovaldiklis (U3) turi atskirą 16 Mhz kvarcinį rezonatorių, kuris užtikrina tikslų duomenų perdavimo greitį.

Aprašyta sistema turi eilę trūkumų:

- ▲ didelis komponentų kiekis kiekviename akumulatoriaus elemento modulyje;
- ▲ geresnių charakteristikų komponentų naudojimas (reikalingas 28 išvadų mikrovaldiklis kiekviename modulyje);
- ▲ didelis įtampos potencialų skirtumas tarp prie kiekvienam moduliui prijungtų laidinių išvadų ir vidinių komponentų, dėl kurio reikia naudoti optinį izoliavimą;
- ▲ daug reikalingų laidinių sujungimų tarp modulių tiek nuosekliai, tiek ir lygiagrečiai.

Šie trūkumai ženkliai padidina sistemos kainą ir pagaminimo kaštus. Kiekvienam moduliui reikalingas didelis komponentų kiekis didina kiekvieno modulio gabaritus, kas apriboja tokios sistemos panaudojimo galimybes mažesnėse sistemose, pavyzdžiui motoroleriuose ar motocikluose. Didelis laidinių sujungimų kiekis ir ilgis mažina sistemos patikimumą naudojant sąlygose, kur yra didelė vibracija. Didelis įtampos potencialų skirtumas kiekviename modulyje reikalauja papildomų priemonių užtikrinti gerą elektrinę izoliaciją tarp modulio schemas ir išvadų, bei padidina gedimo tikimybę naudojant sistemą padidinto drėgnumo sąlygose.

Žinomo JAV patento US 2008/0086247 A1, 2008-04-10 (Korėjos patentas 10-2006-0069310, 2006-10-10) „BATTERY MANAGEMENT SYSTEM FOR VEHICLES“ akumulatoriaus elementų modulių duomenų perdavimui numato po 2 išvadus kiekvienam moduliui, tačiau kiekvienam moduliui yra numatomas optinis izoliavimas, kuris nepašalina visų aukščiau išvardintų trūkumų ir nenurodoma. Šis patentas yra laikomas artimiausiu siūlomam išradimui.

Išradimu siekiama sumažinti sistemos kainą, bei gabaritus mažinant reikalingų elektroninių komponentų kiekį kiekviename modulyje bei mažinant reikalavimus

naudojamiems elektronikos komponentams. Taip pat išradimu siekiama sumažinti reikalingų laidinių sujungimų tarp modulių kiekį bei supaprastinti jų jungimo schemą, kad sistema taptų patikimesnė ir reikalaujant mažesnės kvalifikacijos ją instaliuojant. Išradimu taip pat siekiama sumažinti vietų, kur didelis įtampos skirtumas tarp gretimų komponentų ir reikalingas optinis atskyrimas, kiekį sistemoje. Išradimu siūlomas siūlomos sistemos duomenų perdavimo, elemento įtampos matavimo bei elementų balansavimo būdas.

Išradimo esmė

Išradimu siekiama realizuoti Ličio chemijos akumuliatorių priežiūros bei balansavimo sistemą supaprastinant jos elementų schemą bei sumažinant kainą. Tam pasiekti yra atsisakoma optinio atskyrimo duomenų perdavimo signalams visuose elemento moduluose išskyrus pirmą ir paskutinį grandinėje remiantis tuo, kad tarp dviejų gretimų akumuliatoriaus elementų grandinėje yra mažas įtampos skirtumas. Kiekviena gretimai esančių elementų modulių pora sudaro vietinę duomenų perdavimo grandinę, kuri yra realizuota be optinio atskyrimo. Šios poros mikrovaldikliai perduoda informaciją vienas kitam panaudodami paprastą atviros santakos MOSFET tranzistoriaus jungimą. Šiuo požymiu siūloma sistema skiriasi nuo artimiausio analogo. Kai reikalingas duomenų perdavimas per visą elementų grandinę kiekviename modulyje esantis mikrovaldiklis atlieka duomenų retransliatoriaus funkciją, skaidriai atkartodamas duomenis iš įėjimo, ateinančio iš ankstesnio modulio grandinėje, į išėjimą, kuris eina į tolimesnį modulį grandinėje. Šiuo požymiu siūlomas duomenų perdavimo būdas skiriasi nuo artimiausio analogo. Reikiamais momentais kiekvienas modulio mikrovaldiklis dirba skaidriame režime arba neskaidriame, kai priimamų duomenų neatkartoja išėjime. Toks duomenų perdavimo būdas skiriasi nuo artimiausio analogo. Išradimo siūlomas specialus asinchroninis duomenų siuntimo-priėmimo protokolas, kuris užtikrina kiekvieno modulio identifikavimą, duomenų perdavimą vienam norimam moduliui arba visiems vienu metu bei duomenų perdavimą iš vieno modulio atskirai arba visų modulių grupėje surikiuojant jų siunčiamą informaciją į bendrą duomenų srautą. Šiuo požymiu išradimo siūlomas duomenų perdavimo būdas skiriasi nuo artimiausio analogo.

Siūlomoje modulio schemoje panaudojant išradimo siūlomą duomenų perdavimo būdą

akumulatoriaus elemento elektroniniam moduliui yra nereikalingas tikslus kvarcinis rezonatorius, kas sumažina sistemos kainą. Akumulatoriaus elemento įtampos matavimo būdas vykdomas panaudojant tik vieną etaloninės įtampos aktyvų išorinį elementą, kurio įtampa matuojama mikrovaldiklio analoginiu-skaitmeniniu keitikliu mikrovaldiklio maitinimo įtampos atžvilgiu, kuri yra lygi akumulatoriaus elemento įtampai. Šiuo požymiu elemento įtampos matavimo būdas skiriasi nuo artimiausio analogo. Taikomas mikrovaldiklis gali dirbti akumulatoriaus elemento darbinių įtampų diapazone, kuris įvairiems Ličio technologijos akumulatoriams yra ribose nuo 2.0 iki 4.5V. Temperatūros matavimas atliekamas vidiniu mikrovaldiklio temperatūros jutikliu, kadangi mikrovaldiklis yra montuojamas ant spausdintinės plokštės, turinčios gerą terminį kontaktą su akumulatoriaus elemento konstrukcijomis.

Siekiant sumažinti elemento elektros energijos sunaudojimą išsiunčiant duomenis atgal į centrinį valdymo bloką vietoj paprasto optoizoliatoriaus naudojama dviejų optoizoliatorių izoliavimo modulio schema, kuri naudoja akumulatoriaus elemento energiją tik signalo būsenos pasikeitimo momentu. Šiuo požymiu siūlomos sistemos schema skiriasi nuo artimiausio analogo.

Brėžinių figūrų aprašymas

Išradimas yra paaiškinamas tokiomis figūromis:

Fig.1. Bendra akumulatoriaus elementų baterijos balansavimo sistemos jungimo schema

Fig. 2. Akumulatoriaus elemento modulio detali schema ir modulių jungimas tarpusavyje ir prie akumulatoriaus elementų.

Fig. 3. Duomenų perdavimo sinchronizavimo sekos diagrama

Fig. 4. Išsiskaičiavimo komandos sekos diagrama

Fig. 5. Duomenų įrašymo į visus modulius sekos diagrama

Fig. 6. Duomenų įrašymo į vieną modulį sekos diagrama

Fig. 7. Duomenų perskaitymo iš visų modulių sekos diagrama

Fig. 8. Duomenų perskaitymo iš vieno modulio sekos diagrama

Fig. 9. Sumažinto energijos sunaudojimo izoliavimo modulio ir jo jungimo į sistemą schema

Išradimo realizavimo aprašymas

Fig. 1. yra parodyta bendra akumuliatoriaus baterijos krovimo ir balansavimo sistema. akumuliatoriaus elemento modulis (1) yra skirtas Ličio jonų, Ličio polimero, Ličio geležies fosfato akumuliatorių ir kitų cheminių tipų akumuliatorių elementais (2), kurių darbinės įtampos ribos neperžengia modulyje (1) naudojamo mikrovaldiklio maitinimo įtampos ribų, kuriuos priklausomai nuo mikrovaldiklio gamintojo gali būti nuo 2.0V iki 5.1V. Realiomis sąlygomis pagaminti ir naudojami elementai (2) turi šiek tiek tarpusavyje besiskiriančias savybes. Šie savybių skirtumai įtakoja skirtingą elementų (2) veikimą pakraunant ir iškraunant. Naudojant elementus (2) nuoseklioje grandinėje šie skirtumai sąlygoja skirtingas elementų (2) įtampas ir sukaupto elektrocheminio krūvio kiekį. Šis skirtumas yra dar vadinamas akumuliatoriaus elementų baterijos disbalansu. Periodiškai įkraunant ir iškraunant elementų (2) grandinę šis disbalansas išauga ir ne visi elementai (2) dirba optimaliomis sąlygomis. Tai mažina bendrą elementų (2) grandinės našumą. Ličio chemijos atskiriems elementams (2) peržengus jų darbinių sąlygų ribas galima šiuos elementus (2) sugadinti ar netgi iššaukti nekontroliuojamas chemines reakcijas, pavyzdžiui užsiliepsnojimą ar sprogimą. Todėl naudojant nuosekliai sujungtų Ličio chemijos akumuliatoriaus elementus bateriją reikalingas šios baterijos elementų balansavimas.

Balansavimo funkciją atlieka kiekvienam elementui (2) skirtas modulis (1) atlieka elemento įtampos bei temperatūros matavimo ir įkrovimo lygio balansavimo funkciją išsklaidant perteklinę energiją šilumos pavidalu šuntuoju elementą per rezistyvinę apkrovą. Akumuliatoriaus baterijoje gali būti [N] elementų (2). Skaičių [N] riboja naudojamo duomenų apsikeitimo protokolo galimybės suteikiant kiekvienam elemento (2) moduliui (1) unikalų identifikatorių. Jei naudojami 8 bitų identifikatoriai, tai grandinėje gali būti sujungta iki 256 elementų (2) ir modulių (1).

Kiekvieno elemento modulis (1), naudodamasis specialiu nuoseklaus duomenų

perdavimo protokolu, vykdo duomenų apsikeitimą su akumulatoriaus valdymo bloku (4) per optinius izoliatorius: (7)-apatinį ir (8)-viršutinį. Jei norima pasiekti mažesnį elemento (2)[N] energijos sunaudojimą optinį izoliatorių (8) galima pakeisti į išradimo siūlomą modulį (68), kuris aprašytas tolimesniame skyriuje. Valdymo blokas (4) per informacijos perdavimo linijas (15) ir (16), naudodamas išradimo siūlomą duomenų perdavimo būdą, surenka informaciją iš kiekvieno modulio (1) apie kiekvieno elemento (2) įtampą bei temperatūrą. Taip pat valdymo blokas (4) siunčia skaitmenines komandas moduliams (1), nurodančias kaip kiekvienam moduliui priklausomas elementas (2) turi būti balansuojamas įkrovimo metu. Valdymo blokas siunčia valdymo signalus įkrovikliui (5) nurodydamas kada turi būti įjungta krovimo srovė ir koks turi būti srovės dydis. Įkroviklis yra maitinamas iš elektros energijos šaltinio (6).

Fig. 2. yra parodyta detali modulio (1) schema. Pagrindinis modulio (1) mazgas yra programuojamas puslaidininkinis mikrovaldiklis (22), kurio darbinės maitinimo įtampos ribos perdengia elemento (2) darbinės įtampos ribas. Šiuo metu jau yra gaminami nebrangūs 6 ir daugiau išvadų mikrovaldikliai galintys dirbti maitinimo įtampų ribose nuo 2.0 iki 5.5V. Tokie mikrovaldikliai šiuo metu yra gaminami įvairių gamintojų, pavyzdžiui Microchip ir kitų. Paprastai Ličio technologijos elementų darbinės įtampų ribos nėra žemesnės negu 2.0V ir ne aukštesnės negu 4.5V. Todėl tokius mikrovaldiklius galima naudoti jungiant maitinimą tiesiai prie elemento.

Mikrovaldiklis (22) yra jungiamas savo maitinimo grandinės minusiniu išvadu (23) ir plusiniu išvadu (24) prie elemento (2) per trukdžius filtruojantį droselį (33). Droselio varža yra labai maža, neviršijanti 1 Ω , o mikrovaldiklio (22) ir kitų šalia sumontuotų komponentų naudojama srovė paprastai neviršija 10mA. Todėl įtampos skirtumas tarp elemento (2) yra labai mažas ir paprastai neviršija 10mV. Kadangi mikrovaldiklio (22) ir kitų modulio (1) komponentų naudojama srovė dažniausiai yra sistematiškai nuo mikrovaldiklio darbo režimo ir maitinimo įtampos priklausantis dydis, tai įtampos U_{elemento} matavimo paklaida yra sisteminė, kurią galima kompensuoti mikrovaldiklio (22) programinėje įrangoje.

Mikrovaldiklis (22) atlieka elemento (2) įtampos U_{elemento} matavimą naudodamas išvado

(28) analoginį-skaitmeninį keitiklį (toliau ASK), kuriuo matuoja didelio tikslumo stabilitrono (34) etaloninę įtampą $U_{\text{etaloninė}}$. Stabilitronui (34) reikalingą darbinę srovę nustato rezistorius (190). Mikrovaldiklio (22) ASK atraminė įtampa pasirenkama paties mikrovaldiklio (22) maitinimo įtampa $U_{\text{maitinimo}}$, esanti ant plusinio maitinimo išvado (24). Tokiu būdu išmatuota ASK reikšmė ASK_U yra santykis tarp $U_{\text{etaloninė}}$ ir $U_{\text{maitinimo}}$. Pagal išmatuotą ASK_U reikšmę mikrovaldiklio programa gali apskaičiuoti $U_{\text{maitinimo}}$, kuri yra labai artima U_{elemento} pagal tokią formulę:

$$U_{\text{maitinimo}} = U_{\text{etaloninė}} / ASK_U \approx U_{\text{elemento}} \quad \{1\}$$

Rinkoje yra plačiai paplitę nedideli ir pigūs mikrovaldikliai, turintys bent 10 bitų analoginius-skaitmeninius keitiklius. Jei naudojamas 10 bitų ASK ir naudojamas stabilitronas (34), kurio $U_{\text{etaloninė}}$ yra 2.0V, tai gali būti pasiekiamas $U_{\text{maitinimo}}$ matavimo tikslumas iki 0.002V kai $U_{\text{maitinimo}}$ yra artima 2V ir tikslumas iki 0.009V kai matuojama įtampa yra apie 4.3V. Tokio tikslumo paprastai užtenka elementų (2) įtampos matavimui ir įtampos reikšmės persiuntimui serijiniu protokolu. Įtampos matavimo tikslumui turi įtakos stabilitrono (34) tikslumas ir jo sukuriamą paklaidą gali būti apskaičiuota vadovaujantis {1} formule ir jei reikalinga kompensuojama mikrovaldiklio (22) programinėje įrangoje kalibruojant modulį (1).

Modulis (1) elemento (2) balansavimui naudoja MOSFET tranzistorių (31) ir šuntavimo rezistorių (32). Rezistorius (32) skirtas išsklaidyti perteklinę elementui (2) teikiamą energiją šilumos pavidalu. Maksimali rezistoriaus (32) išsklaidoma galia priklauso nuo didžiausios elemento (2) darbinės įtampos ir rezistoriaus (32) varžos ir apskaičiuojama pagal tokią formulę $P_{(32)} = U_{\text{elemento_didžiausia}}^2 \times R_{(32)}$. Vidutinė išsklaidoma šiluminė galia priklauso nuo rezistoriaus (32) varžos, elemento (2) įtampos U_{elemento} ir tranzistoriaus (31) darbo režimo. Tranzistorius (31) dirba rakto režimu ir jo užtūrą loginiais impulsais išvade (27) valdo mikrovaldiklis (22).

Vidutinės srovės per rezistorių (32) ir tranzistorių (31) valdymui mikrovaldiklis (22) naudoja impulso pločio moduliaciją (toliau IPM) išvade (27) nekeisdamas impulsų periodo trukmės. Vidutinė srovė per (31)-(32) gali būti reguliuojama ribose nuo 0 iki $U_{\text{elemento}}/R_{(32)}$ Amperų priklausomai nuo to kokią impulso periodo laiko dalį yra įjungta

loginė „1“ įtampa, artima mikrovaldiklio (22) maitinimo įtampai.

Mikrovaldiklio (22) programinė įranga valdo IPM impulsų plotį $IPM_{ribojimo}$ taip, kad $U_{elemento}$ neviršytų maksimalios nustatytos elemento (2) ribojimo įtampos reikšmės - $U_{ribojimo}$. Skirtingiems elementams ir skirtingiems krovimo režimams $U_{ribojimo}$ gali būti nustatyta skirtingai. Mikrovaldiklis (22) gauna nustatomą $U_{ribojimo}$ reikšmę iš centrinio valdymo bloko (4) specialios duomenų perdavimo protokolo komandos pagalba.

Mikrovaldiklis (22) periodiškai matuoja įtampą $U_{elemento}$ pagal anksčiau aprašytą principą ir lygina ją su $U_{ribojimo}$. Jei $U_{elemento}$ yra didesnė negu $U_{ribojimo}$, tai mikrovaldiklis (22) didina loginio „1“ impulso $IPM_{ribojimo}$ plotį išvade (27). Maksimali impulso trukmės reikšmė yra kai „1“ trukmė užima visą impulsų periodo trukmę ir išvade (27) yra nuolatos loginis „1“. Jei $U_{elemento}$ yra mažesnė negu $U_{ribojimo}$, tai mikrovaldiklis (22) mažina loginio „1“ impulso $IPM_{ribojimo}$ plotį išvade (27). Minimali impulso trukmės reikšmė yra 0, kai išvade (27) yra nuolatos loginis „0“. Šis įtampos $U_{elemento}$ matavimas ir $IPM_{ribojimo}$ koregavimas yra atliekamas daug kartų per sekundę ir taip pasiekiamas tolygus reguliavimas. Matavimo ir koregavimo dažnis priklauso nuo mikrovaldiklio (22) taktinio dažnio ir reikalingo programinės įrangos operacijų kiekio vienam matavimo/koregavimo ciklui įvykdyti.

Tokiu elemento krūvio balansavimo būdu yra palaikoma maksimali elemento (2) įtampa su sąlyga jei įkroviklio (5) tiekiamą elementams srovę neviršija $U_{elemento}/R_{(32)}$. Šiomis sąlygomis kai elementas (2) yra pilnai pakrautas ir įsotintas iki įtampos $U_{ribojimo}$ visa įkroviklio tiekiamą srovę yra nukreipiama per grandinę (13)-(14) ir energija yra išsklaidoma rezistoriuje (32) šilumos pavidalu ir elementas (2) daugiau nebekraunamas. Tuo tarpu kiti akumuliatoriaus baterijos grandinėje esantys elementai (2), kurių įtampa dar yra nepasiekusi $U_{ribojimo}$ bus kraunami toliau. Visos akumuliatoriaus baterijos elementų grandinės įtampas $U_{elemento}$ ir $IPM_{ribojimo}$ reikšmes stebi centrinis valdymo blokas (4). Duomenys valdymo blokui (4) iš visų modulių (1) grandinėje yra perduodami per nuoseklaus duomenų perdavimo liniją (7), (38), (8). Savo ruoštu valdymo blokas (4) diktuoja reikalingą įvairiuose įkrovimo etapuose įkrovimo srovę įkrovikliui (5) per elektrinę analoginę arba skaitmeninę reikiamos srovės informacijos perdavimo liniją (17) – (18).

Siekiant geriau paaiškinti duomenų perdavimo principą Fig. 2. yra pavaizduotos dvi elemento(2) ir modulio (1) poros (3), kurių vidiniai komponentai atitinkamai žymimi

priesagomis [1] ir [2]. Šios kurios tarpusavyje yra sujungtos aukštos srovės kabeliu (37) ir žemos galios signaliniu laidu (38). Mikrovaldiklis (22)[2], iš mikrovaldiklio (22)[1] priima duomenis per įėjimo išvadą (23)[2], kurio potencialas yra pakeliamas iki maitinimo įtampos rezistoriumi (36)[2]. Duomenų siuntimui iš mikrovaldiklio (22)[1] mikrovaldikliui (22)[2] naudojamas išvadas (24)[1], kuris valdo lauko tranzistoriaus (29)[1] užtūrą įjungdamas arba išjungdamas srovę per tranzistorių (29)[1], rezistorių (30)[1] ir atitinkamai kito prijungto modulio rezistorių (36)[2]. Modulių rezistorių (36) ir (30) nominalai yra parenkami lygūs. Tranzistoriai (29) yra parinkti tokie, kad jų rakto atidarymo užtūros įtampa yra mažesnė nei 2 Voltai, kuri leidžia tranzistoriui reaguoti į loginius lygius plačiame elemento (2) įtampų diapazone nuo pat apatinės 2V ribos.

Kai mikrovaldiklis (22)[1] išvade (24)[1] siunčia loginį „0“ tranzistoriaus (29)[1] užtūros įtampa yra maža ir srovė per (29)[1], (30)[1] ir (36)[2] neteka, o mikrovaldiklis (22)[2] įėjime (23)[2] registruoja loginį „1“.

Kai mikrovaldiklis (22)[1] išvade (24)[1] siunčia loginį „1“ tranzistorinis raktas (29)[1] yra atidarytas ir jo ištakos-santakos varža yra žymiai mažesnė negu rezistorių (36) ir (30). Tuomet per (30)[1] ir (36)[2] tekanti srovė išvade (23)[2] sukuria įtampą, apytiksliai lygią mikrovaldiklio (23)[2] minusinio maitinimo išvado (23)[2] įtampai. Tuomet mikrovaldiklis [(22)2] registruoja loginį „0“ įėjime (23)[2].

Matome, kad išėjimo (24)[1] ir įėjimo (23)[2] loginės reikšmės yra tarpusavyje priešingos. Todėl kiekvienas mikrovaldiklis (22) turi siųsti priešingos reikšmės loginius lygius dirbdamas, tiek skaidriame, tiek ir neskaidriame režimuose, kurie yra aprašyti tolimesniuose skyriuose, detalizuojančiuose duomenų perdavimo protokolą.

Tokiu būdu galima nuosekliai sujungti daug elementas (2) – modulis (1) porų. Praktinės ribos yra nusakomos tik duomenų perdavimo protokolo informacijos laukų dydžiu, duomenų perdavimo greičiu ir maksimalia leistina duomenų surinkimo iš visų grandinės modulių (1) trukme. Šie kriterijai įvairiems taikymams gali būti skirtingi.

Pagal Fig. 1. elementų grandinės pradžioje esančio elemento (1)[1] duomenų įėjimo išvado (11)[1] įtampa ir grandinės pabaigoje esančio elemento (1)[N] duomenų išėjimo išvado (12)[N] įtampos skiriasi dydžiu $N \times U_{\text{elemento}}$. Šis skirtumas gali būti dešimčių ar šimtų Voltų eilės. Todėl duomenų apsikeitimui tarp elementų (1) grandinės ir centrinio valdymo bloko (4) yra naudojami optiniai izoliatoriai (7) ir (8). Jie, skirtingai nuo kitų balansavimo sistemų, yra reikalingi tik pirmam ir paskutiniam grandinės moduliams (1).

Valdymo blokas (4) siunčia duomenis srovės impulsais per išvadų porą (15), o priima pagal srovės kilpos uždarymą ir atidarymą išvaduose (16).

Modulyje (1) yra numatytas naudoti toks mikrovaldiklis (22), kuris turi savyje vidinį temperatūros jutiklį. Modulio (1) konstrukcija numato, kad modulio (1) spausdintinė montažinė plokštė būtų fiziškai montuojama tiesiai ant elemento (2) vieno ar dviejų gnybtų sudarydama gerą elektrinį ir terminį jos išvadų kontaktą su elemento (2) konstrukcijomis. Kadangi spausdintinėse plokštėse naudojamo vario folija yra geras šiluminis laidininkas, tai mikrovaldiklis (22) turi gerą terminį kontaktą su elemento (2) konstrukcijomis. Tuomet matuojama vidinė mikrovaldiklio (22) temperatūra yra artima elemento (2) temperatūrai.

Pagal Fig. 1 grandinės pabaigoje esantis modulis (1)[N] duomenų perdavimo metu perduoda energiją optoizoliatoriui (8). Paprastai plačiai naudojamų optoizoliatorių įėjimo šviesos diodo įsijungimo srovė būna nuo 5 mA, o kritimo įtampa būna apie 1,5V ir daugiau. Elemento (2)[N] įtampa gali kisti nuo 2 iki 4.5V. Jei šiame įtampų diapazone naudotume optoizoliatorių su šviesos diodo įtampos kritimu 1.5V, tai norėdami palailyti 5mA atsidarymo srovę modulio (1)[N] rezistorius (30) varža turėtų nuo keistis diapazone nuo 100 iki 600 Ω . Jei ši varža nekinta, tai dėl optoizoliatoriaus tranzistoriaus įsisotinimo savybių nebus užtikrinamas vienodas perduodamo signalo kylančio ir krintančio frontų vėlinimas. Šis nevienodas frontų vėlinimas iškraipo duomenų neigiamai įtakoja duomenų perdavimo patikimumą kintant elemento (2)[N] įtampai.

Siekiant išspręsti šią problemą išradimo siūloma izoliavimo modulio (68) schema, kuri yra pavaizduota Fig. 9. Šio izoliavimo modulio (68) įėjimo schema per įvadus (70) ir (71) yra maitinama iš baterijos elemento (2). Duomenų įėjimo įvadas (69) yra prijungtas prie skaitmeninio buferio su Šmito trigeriu (74) įėjimo. Rezistorius (75) pakelia įėjimo potencialą iki buferio maitinimo įtampos, kai tranzistoriaus raktas (29) yra uždarytas ir buferio (74) išėjime yra aukšta būseną. Rezistorių (75) ir (30) varžų santykis yra parinktas taip, kad esant atidarytam tranzistoriui (29) buferio (74) įėjimo potencialas būtų žemas ir buferio (74) išėjimas būtų žemoje būsenoje. Tokiu būdu buferis (74) sustiprina įėjimo signalo srovę iki reikšmės, pakankamos įjungti optoizoliatorių (78) ir (79) šviesos diodus ir atitinkamai atidaryti jų išėjimo tranzistorius. Srovė į šviesos diodus yra ribojama rezistoriaus (77). Kondensatorius (76) užtikrina, kad optoizoliatorių (78) ir (79) šviesos

diodai įsijungti tik trumpam kai keičiasi duomenų perdavimo signalo frontas. Kondensatoriaus (76) talpa parenkama tokia, kad optoizoliatorių (78) arba (79) atsidarymo impulsas būtų žymiai trumpesnis negu periodas tarp naudojamo duomenų perdavimo signalo kylančio ir krentančio frontų. Kadangi optronų (78) ir (79) šviesos diodai yra įjungti priešingomis kryptimis, tai kylančio fronto metu atsidaro optoizoliatorių (78), o besileidžiančio - (79). Toks optoizoliatorių trumpalaikis įjungimas leidžia ženkliai sumažinti srovės sunaudojimą iš akumuliatoriaus elemento (2).

Izoliavimo modulio (68) išėjimo grandinė yra maitinama iš valdymo bloko (4) per išvadus (73) ir (72). Per tuos pačius išvadus vyksta ir duomenų perdavimas į valdymo bloką (4). Valdymo blokas (4) per rezistorių (86) išvaduose (84) ir (85) sukuria 5V įtampą. Ši įtampa per diodą (82) įkrauna kondensatorių (80). Kondensatorius (80) sukaupia energiją, kad eant kylančiam duomenų perdavimo signalo frontui trumpalaikio optoizoliatoriaus (78) atsidarymo impulso metu galėtų įkrauti kondensatorių (81) ir atidaryti MOSFET tranzistoriaus (83) užtūrą. Tranzistorius (83) yra atidarytas. Kai impulsas pasibaigia optoizoliatoriaus (78) tranzistorius užsidaro, tačiau kondensatorius (81) lieka įkrautas ir tranzistorius (83) atidarytas.

Kai ateina duomenų perdavimo signalo krintantis frontas atsidaro optoizoliatorius (79) ir iškrauna kondensatorių (81) uždarydamas tranzistorių (83). Kai ateina kitas kylantis duomenų perdavimo signalo frontas procesas kartojasi iš naujo.

Toks trumpalaikis optoizoliatorių įjungimas leidžia eliminuoti parazitinio optoizoliatorių (78), (79) tranzistorių įsotrinimo įtaką visame modulio (1) darbo įtampų diapozone, nes izoliavimo modulio (68) išėjimo signalas visuomet keičiasi optoizoliatorių tranzistorių atsidarymo metu ir signal kylančio bei krentančio frontų vėlinimas išlieka vienodas.

Atsidarant ir užsidarant tranzistoriui (83) kinta įtampa tarp valdymo bloko (4) įvadų (84) ir (85), kurią per liniją 87 registruoja vidinė bloko (4) schema, priimanti šiuos pokyčius kaip ateinančių duomenų signalą. Šiuo požymiu išradimas skiriasi nuo artimiausio analogo.

Duomenų perdavimo būdas

Duomenų perdavimas tarp modulių (1) ir centrinio valdymo bloko (4) yra paremtas asinchroniniu nuosekliu duomenų perdavimu. Vieno baido perdavimui naudojamas 9600

bitų per sekundę 8N2 būdas, kur yra vienas startinis bitas, 8 reiškia perduodamų bitų skaičių, N reiškia, kad nėra lygiškumo kontrolės bito, o 2 yra du stop bitai po kiekvieno baido perdavimo.

Norint vykdyti patikimą duomenų perdavimą asinchroniniu būdu reikalinga užtikrinti, kad perduodančių ir priimančių įrenginių bitų perdavimo greičiai nesiskirtų daugiau negu 10%. Tai nesunku užtikrinti stabilizuojant siunčiančio ir priimančio įrenginių darbo taktinį dažnį kvarcinio rezonatoriaus ar kito tikslaus komponento pagalba. Tačiau siekiant sumažinti siūlomo modulio (1) kainą kvarcinio rezonatoriaus atsisakoma ir jis yra naudojamas tik centriniam valdymo bloke (4). Paprastai vidinis pigių mikrovaldiklių vidinio RC generatoriaus gali svyruoti priklausomai nuo mikrovaldiklio maitinimo įtampos ir temperatūros. Dėl gamybos proceso, įtampos ir temperatūros skirtumų vienoje grandinėje esančių skirtinguose moduluose (1) naudojamų mikrovaldiklių (22) dažniai gali skirtis tarpusavyje ir nuo valdymo bloko (4) ribose iki 30%.

Todėl reikalingos priemonės suvienodinti valdymo bloko (4) ir modulių (1) mikrovaldiklių (22) bitų siuntimo ir priėmimo greičius duomenų perdavimo metu. Kad tai pasiekti yra naudojama speciali duomenų perdavimo sinchronizavimo seka, kuri leidžia kiekvienam moduliui (1) įvesti savo duomenų perdavimo greičio korekcijas. Ši seka taip pat yra naudojama standartiniame LIN (Local Interconnect Network) protokole, kurio specifikacijos yra publikuojamos ir administruojamos LIN Consortium (<http://www.lin-subbus.de/>).

Sinchronizavimo seka (39) parodyta Fig 3. Sinchronizavimo seka yra sudaryta iš dviejų dalių: sinchronizacinės pauzės (40) ir sinchronizacinio lauko (41). Sinchronizacinė pauzė (40) sudaryta iš mažiausiai 13 „0“ reikšmės bitų, kuri informuoja priimančią pusę, kad po jos seks sinchronizacinis laukas. Ši pauzė (40) ypatinga tuo, kad ji neįvyksta esant normaliam duomenų perdavimui 8N2 formatu ir leidžia priimančiai pusei sinchronizacinę pauzė (40) atskirti netgi jei perdavimo ir priėmimo greičiai nesutampa iki 30%.

Sinchronizacinis laukas (41) yra šešioliktainės reikšmės 55h baitas, kuris yra siunčiamas po pauzės ir vieno skiriamąjo bito. Skaičius 55h naudojamas todėl, kad perduodant jį nuoseklia grandine yra formuojami 4 vienodi vieno bito trukmės impulsai (42). Pagal šiuos impulsus (42) priimančioji pusė gali suskaičiuoti kokia šiuo momentu reikalinga korekcija duomenų perdavimo greičiui sulyginti su siunčiančiąja puse.

Duomenų apsikeitimas tarp valdymo bloko (4) ir modulių (1) yra vykdomas komandos-atsakymo principu. Komandą visada siunčia valdymo blokas (4). Atsakymą priklausomai nuo komandos tipo gali siųsti atgal vienas ar daugiau modulių (1) arba tam tikriems komandų tipams visai nesiųsti jokio atsakymo valdymo blokui (4).

Kiekvienos komandos siuntimą valdymo blokas (4) pradeda išsiųsdamas sinchronizavimo seką (39). Po šios sekos valdymo blokas (4) siunčia atitinkamą tuo momentu reikalingą komandos kodą ir parametrus.

Tiek komandoje, tiek ir atsakyme siunčiami duomenys yra koduojami klaidas taisančiu kodu, paremtu Reed-Solomon klaidas taisančio kodavimo teorija: Reed, Irving S.; Solomon, Gustave (1960), "Polynomial Codes over Certain Finite Fields", Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) 8 (2): 300–304. Kiekvienas 8 bitų baitas yra lydimas 8 bitų baitu, kuriame yra pagal pirmojo baito reikšmę užkoduotas taisantis kodas. Taip yra sudaromas 16 bitų žodis. Toks taisančio kodo dydis leidžia aptikti ir ištaisyti iki dviejų bitų dydžio klaidas viename 8 bitų ilgio baite informacijos. Visi 8 bitų komandos, parametrų ar duomenų baitai yra siunčiami tokiuose 16 bitų žodžiuose. Klaidas taisantis kodas leidžia sumažinti reikalingų pakartotinių duomenų persiuntimų kiekį jei duomenų linijoje perduoti duomenų bitai yra pažeisti, bet pažeistų bitų kiekis yra nedidelis. Paties klaidas taisančio kodo realizacija šiame išradimo aprašyme nenagrinėjama, nes tai neįeina į šio išradimo apibrėžtį.

Siekiant greitai ir su minimaliu vėlinimu grandinėje perduoti duomenis tarp valdymo bloko (4) ir modulių (1), turėti galimybę dinamiškai identifikuoti kiekvieną modulį (1) ir jį adresuoti atskirai siunčiant komandas buvo sukurtas siūlomas duomenų perdavimo protokolas, kuris dinamiškai kombinuoja skaidraus ir neskaidraus duomenų perdavimo režimus moduliuose (1). Skaidrų ir neskaidrų duomenų perdavimo režimus, bei jų perjunginėjimą realizuoja mikrovaldiklio (22) programinė įranga.

Skaidraus duomenų perdavimo režime modulio (1) mikrovaldiklis (22) duomenų įėjimo išvade (23) ateinančius duomenis su minimaliu vėlinimu procesoriaus apdorojimui atkartoja į duomenų išėjimo išvadą (24) invertuodamas loginį lygį, kas reikalinga valdant

tranzistorinį raktą (29) kaip buvo aprašyta anksčiau. Dirbdant skaidriame režime mikrovaldiklio programinė įranga gali priimti ir registruoti ateinančius duomenis bet negali duomenų siųsti.

Neskaidraus duomenų perdavimo režime mikrovaldiklis (22) įėjime ateinančių signalų neatkartoja išėjime (24). Šiame režime mikrovaldiklio (22) programinė įranga gali duomenis arba priimti įėjime (23), arba siųsti išėjime (24). Siuntimas ir priėmimas vienu metu neskaidriame režime yra programiškai įmanomas, tačiau siūlomame duomenų perdavimo protokole nerealizuojamas.

Siūlomame duomenų perdavimo protokole yra penki pagrindiniai komandų tipai:

1. Išsiskaičiavimo – identifikatorių moduliams (1) suteikimo ir modulių (1) kiekiui grandinėje nustatymo.
2. Įrašymo į visus modulius - įrašomi įvairūs duomenys į visus modulius (1).
3. Įrašymo į vieną modulį - įrašomi įvairūs duomenys į vieną modulį (1), kuris adresuojamas siunčiamu identifikatoriumi.
4. Visų modulių perskaitymo – visų modulių (1) informacijos elementų perskaitymo.
5. Vieno modulio duomenų perskaitymo – vieno modulio (1) informacijos elemento(ų) perskaitymo.

Šie komandų tipai skiriasi tarpusavyje skaidraus ir neskaidraus duomenų perdavimo režimų naudojimo seka ir siunčiamų duomenų struktūra, bei jų apdorojimu keičiant modulio (1) būsenas:

Nepriklausomai nuo komandos tipo sinchronizavimo seka (39) ir komandos kodo baitas su jį lydinčiu klaidas taisančio kodo baitų perdavimo signalai yra visada perduodami skaidriame režime. Todėl kiekvienas modulis (1) grandinėje gauna šiuos signalus. Signalai yra gaunami visuose moduluose beveik vienu metu, nes vėlinimas, kurį įneša prieš tai grandinėje stovinčių modulių (1) mikrovaldiklių (22) programinė įranga, apdorojanti gautus signalus skaidriame režime, yra labai mažas.

Priimdama ir apdorojama komandas modulių (1) mikrovaldiklių (22) programinė įranga pereina per būsenas, kurių seka priklauso nuo komandos tipo. Visos komandos prasideda būsena (46), kuri reiškia, kad modulis (1) laukia sinchronizacijos pauzės (40).

Gavęs sinchronizacijos pauzę (40) modulis (1) pereina į būseną (47), kuri reiškia, kad modulis (1) laukia sinchronizavimo lauko (41). Gavęs sinchronizavimo lauką (41) modulis (1) pereina į komandos žodžio laukimo būseną (48). Gavęs šį žodį modulis (1) iškodoja komandą ir pereina į būseną, kuri priklauso nuo komandos tipo. Įvairūs komandų tipai su jas paaiškinančiomis diagramomis yra aprašyti toliau. Jei būsenoje (46) esantis modulis (1) gauna kitą seką negu sinchronizacijos pauzė (40) ji šią seką ignoruoja ir lieka būsenoje (46). Visoms modulio (1) būsenoms išskyrus (46) mikrovaldiklio (22) programinė įranga skaičiuoja maksimalus laukimo laiko periodą

Išsiskaičiavimo komanda atlieka dvi funkcijas: identifikatoriaus numerio suteikimą kiekvienam moduliui (1) grandinėje ir modulių (1) kiekio grandinėje nustatymą, kurį užregistruoja valdymo blokas (4). Išsiskaičiavimas vykdomas kaip rikiuotėje – pirmasis rikiuotės dalyvis pasako savo numerį antram, o šis savo ruožtu padidinęs numerį vienetu pasako kitam; ir taip toliau iki rikiuotės galo. Kiekvienas iš rikiuotės dalyvių įsimena savo pasakytą numerį, kuris yra skirtas jam. Tokiu pačiu principu veikia ir išsiskaičiavimas tarp modulių (1) grandinėje. Tai leidžia pagaminti ir sumontuoti visiškai vienodai suprogramuotus modulius (1) ir valdymo blokui (4) išsiuntus išsiskaičiavimo komandą kiekvienam moduliui (1) priskirti darbinį identifikatorių. Taip sumažinami gamybos kaštai ir modulių (1) montavimo klaidų tikimybė.

Išsiskaičiavimo komandos duomenų perdavimo laikinė diagrama parodyta Fig. 4. Čia yra parodoma valdymo bloko (4) ir trijų grandinėje sujungtų modulių (1) nuo [1] iki [3] duomenų perdavimo seka laike. Kadangi valdymo blokas (4) siunčia duomenis grandinės pradžioje esančiam moduliui (1)[1], o priima iš grandinės gale esančio modulio (1)[3], tai blokas (4) pažymėtas diagramos Fig. 4. kairėje pusėje kaip duomenų siųstuvas, o diagramos dešinėje pusėje kaip duomenų imtuvas. Duomenų persiuntimo laiko ašis (t) eina iš viršaus žemyn. Modulių (1) veikimas laike skaidriame ir neskaidriam režime pažymėtas skirtingomis linijomis. Skaidrus modulio (1) duomenų perdavimo režimas pažymėtas plona punktyrine linija (44), o neskaidrus duomenų perdavimo režimas pažymėtas stora ištisine linija (45).

Komandos pradžioje visi moduliai (1) dirba skaidriame režime, pažymėtame linija (44). Pradėdamas komandą valdymo blokas (4) išsiunčia sinchronizavimo pauzę (40), sinchronizacinį lauką (41), išsiskaičiavimo komandos kodo žodį (43). Visus šiuos

duomenis moduliai (1) perduoda skaidriai kiekvienas vis tolimesniam moduliui (1) grandinėje kol iš paskutinio modulio grandinėje šie duomenys vėl grįžta valdymo blokui (4). Gavus šiuos duomenis valdymo bloko (4) programinė įranga gali patvirtinti, kad duomenų perdavimo grandinė nėra pažeista.

Visi moduliai (1) pagal sinchronizacijos pauzę (40) atpažįsta, kad prasidėjo naujos komandos siuntimas, pagal sinchronivimo lauką (41) suskaičiuoja savo individualią duomenų perdavimo greičio korekcijos reikšmę ir pagal iškoduotą žodį (43) nustato, kad yra gauta išsiskaičiavimo komanda. Po šios iškoduotos komandos visi moduliai pereina į neskaidrų duomenų perdavimo režimą, pažymėtą linija (45) ir laukia kol gaus identifikatoriaus baitą iš ankstesnio grandinėje esančio modulio (1) arba pirmo grandinės modulio (1)[1] atveju iš valdymo bloko (1) būsenoje (49).

Išsiskaičiavimo seką pradeda valdymo blokas (4), išsiųsdamas žodį (00h), kuriame yra baitas su reikšme 0 ir šios reikšmės atitinkamas klaidų taisymo kodas pirmajam grandinės moduliui (1)[1]. Po žodžio prėmimo modulis(1)[1] pereina į gauto identifikatoriaus apdorojimo būseną (50). Iškodavęs reikšmę 00h padidina ją vienetu, įrašo šią reikšmę į mikrovaldiklio (22)[1] vidinę atmintinę ir išsiunčia tolimesniam moduliui (1)[2] atitinkamą žodį (01h). Išsiuntęs šiuos duomenis modulis (1)[1] vėl pereina į skaidrų duomenų perdavimo režimą (44) ir laukia naujos komandos būsenoje (46).

Modulis (1)[2], gavęs žodį (01h) lygiai taip pat iškodoja, padidina reikšmę vienetu, priskiria ir išsaugo ją kaip savo identifikatorių ir gautos reikšmės žodį (02h) išsiunčia toliau einančiam moduliui. Taip grandinine reakcija yra vykdomas duomenų perdavimas iki paskutinio N modulių grandinėje esančio modulio (1)[N]. Visi moduliai (1) išsiuntę savo identifikatoriaus reikšmes pereina į skaidrų duomenų perdavimo režimą ir pasirengę laukia kitos komandos būsenoje (46). Norint modulius (1) adresuoti vienu 8 bitų baitu grandinėje gali būti iki 255 modulių (1), kuriems suteikiamas unikalūs identifikatoriai.

Diagramoje Fig. 4. pavaizduotame pavyzdyje paskutinis grandinėje yra modulis (1)[3]. Jis išsiunčia savo identifikatoriaus reikšmę 03h, užkoduotą žodyje (03h), valdymo blokui (4). Ši reikšmė sutampa su modulių (1) kiekiu grandinėje. Gavęs žodį (03h) ir iškodavęs reikšmę 03h valdymo bloko (4) programinė įranga nustato, kad grandinėje yra trys moduliai (1) ir juos galima adresuoti tolimesnėse komandose identifikatoriais nuo 1 iki

3. Toliau aprašytose komandose yra naudojami vidiniai modulių (1) identifikatoriai adresuojant konkrečius modulius ir organizuojant duomenų perdavimo grandines. Todėl išsiskaičiavimo komanda (43) turi būti pirma komanda, kurią išsiunčia valdymo blokas (4) kai visa sistema yra įjungiamą darbui.

Duomenų įrašymo į visus modulius komandą moduliai (1) vykdo skaidriame režime ir jokių duomenų patys nesiunčia. Įrašymo komandoje galima adresuoti vieną arba visus modulius (1) grandinėje.

Fig 5. pavaizduotas parametro įrašymo į visus modulius grandinėje komandos diagrama. Komandos kodo žodį (58) priima ir iškoduoja visi moduliai (1) grandinėje. Pagal šią komandą modulių (1) mikrovaldiklių (22) programinė įranga laukia parametro reikšmės žodžio (59) būsenoje (51). Gavus šį žodį (59) mikrovaldiklių (22) programinė įranga priskiria žodžio (59) reikšmę vidiniam parametrui, kuris yra nurodytas komandos (58). Pavyzdžiui, gali būti atsiųsta komanda, kuri nurodo įrašyti į visus modulius įtampos U_{ribojimo} reikšmę. Tuomet gavusi tokią komandą visų modulių (1) programinė įranga įvykdo operaciją $U_{\text{ribojimo}} = \{\text{iškoduota žodžio (59) reikšmė}\}$.

Duomenų įrašymo į vieną modulį komanda skiriasi nuo aukščiau aprašytos tuo, kad papildomai po komandos žodžio dar siunčiamas adresuojamo modulio (1) identifikatoriaus žodis. Komandos diagrama pavaizduota Fig. 6.

Po komandos žodžio (60) priėmimo ir iškodavimo modulis (1) būsenoje (52) laukia modulio identifikatoriaus žodžio (61). Gavę modulio identifikatoriaus žodį (61) moduliai (1) jį iškoduoja. Visi moduliai (1), kurių vidinis identifikatorius neatitinka identifikatoriaus žodyje (61) esančios reikšmės pereina į būseną (46), kurioje laukia kitos komandos sinchronizavimo pauzės (40).

Modulis (1) kurio identifikatorius sutampa su atsiųstu žodyje (61) pereina į įrašymo parametro laukimo būseną (53). Diagramoje Fig. 6. parodytame pavyzdyje žodyje (61) yra siunčiama reikšmė 2, kuri sutampa su modulio (1)[2] identifikatoriumi. Todėl šioje diagramoje modulis (1)[2] pereina į būseną (53). Gavęs žodį (62) modulis (1)[2] iškoduotą reikšmę priskiria atitinkamam vidiniam parametrui ir pereina į kitos komandos laukimo būseną (46).

Duomenų perskaitymo iš visų modulių komandos veikimo seka yra pavaizduota diagramoje Fig. 7. Komanda (63) nurodo visiems moduliams (1) grandinėje išsiųsti nurodyto parametro, pavyzdžiui – išmatuotą elemento (2) įtampą, reikšmę.

Duomenų perdavimą pradeda modulis (1) kurio identifikatoriaus reikšmė yra 1. Toks modulis yra pirmasis modulis grandinėje (1)[1]. Jis pereina į neskaidrų duomenų perdavimo režimą (45) ir būseną (55) ir išsiunčia parametro reikšmę žodyje (64)[1], kurią skaidriame režime (44) persiunčia į valdymo bloką (4) visi tolimesni grandinėje būsenoje (54) esantys moduliai (1). Po parametro išsiuntimo šis modulis (1)[1] grįžta į skaidrų duomenų perdavimo režimą (44) ir kitos komandos laukimo būseną (46).

Kiti moduliai (1), kurių identifikatorius nėra 1, gavę komandą (63) pereina į skaidriai persiūtų parametrų žodžių (64) skaičiavimo būseną (54) likdami skaidriam duomenų perdavimo režime (44). Šioje būsenoje moduliai (1) skaičiuoja kiek parametrų žodžių jie persiuntė po komandos žodžio (63). Šį parametrų skaičių jie lygina su savo identifikatoriaus reikšme ir jei persiūtų parametrų skaičius pridėjus vienetą yra lygus modulio (1) identifikatoriui, tai šis modulis pereina neskaidrų duomenų perdavimo režimą (45) ir būseną (55) ir išsiunčia parametro reikšmę žodyje (64) ir po. Modulis [2](1) persiuntęs vieną parametro žodį (64)[1] suskaičiuoja, kad dabar yra jo eilė siųsti ir išsiunčia savo parametą (64)[2]. Savo ruožtu tai atlieka modulis (1)[3] ir taip toliau lavinos principu iki paskutinio modulio (1) grandinėje.

Valdymo blokas (4) priimdamas parametrų perdavimo žodžius (64) pagal eilės numerį užregistruoja ir išsaugo savo atmintinėje priskirdamas kiekvienam identifikatoriui. Taip valdymo blokas (4) gali iš visų modulių (1) gauti įvairius parametrus: U_{elemento} , U_{ribojimo} , mikrovaldiklio (22) temperatūrą, IPM_{ribojimo} ir panašiai.

Parametro perskaitymo iš vieno modulio (1) komandos diagrama parodyta Fig. 8. Gavę vieno parametro perskaitymo komandą (65) moduliai (1) pereina į adresuojamo modulio identifikatoriaus žodžio (66) laukimo būseną (56). Gavę ir iškodavę identifikatoriaus žodį (66) moduliai (1) gautą reikšmę lygina su savo identifikatoriumi. Jei reikšmė su identifikatoriumi nesutampa, tai modulis (1) pereina į kitos komandos laukimo būseną (46). Jei gauto žodžio (66) reikšmė sutampa su identifikatoriumi, tai modulis (1) pereina į neskaidrų režimą (45) bei būseną (57) ir išsiunčia komandos (65) nurodyto parametro reikšmę žodyje (67), kurį visi kiti toliau grandinėje sujungti moduliai skaidriai persiunčia valdymo blokui (4). Išsiuntęs parametą modulis grįžta į skaidraus duomenų perdavimo

režimą (44) ir pereina į kitos komandos laukimo būseną (46). Diagramoje Fig. 8. parodytame pavyzdyje žodžiu (66) yra adresuojamas modulis (1)[2], kuris ir išsiunčia nurodytą parametą žodyje (67).

Taip pat galimas ir papildomas perskaitymo komandos tipas, kai duomenys nuskaitymi iš tam tikros modulių (1) grupės pagal siunčiamą grupės identifikatorių. Tokia komanda naudinga, kai yra sudaryta grandinė iš daug modulių (1) ir dėl didelių elektromagnetinių trukdžių reikalingi pakartotiniai duomenų persiuntimai. Siųsti duomenis iš kiekvieno modulio atskirai atskiromis komandomis yra neoptimalu, o siunčiant duomenis iš visos ilgos modulių grandinės iš karto didėja tikimybė, kad siuntimo metu duomenys bus pažeisti trukdžių. Todėl tokiais atvejais komanda, perskaitanti duomenis iš grupių būtų naudinga. Pavyzdžiui, komanda perskaitanti duomenis grupėmis po 8 baitus adresu 1 adresuoja modulius (1), kurių identifikatoriai yra nuo 1 iki 8, adresu 2 – modulius nuo 9 iki 16 ir t.t. Tokios komandos duomenų perdavimo seka bus kombinacija iš visų modulių perskaitymo komandos (63) ir vieno modulio perskaitymo komandos (65), kuomet adreso žodis (66) nurodo modulių grupę, o duomenų siuntimą pradeda pirmasis grupės modulis (1) pagal diagramos Fig. 7. metodą. Skirtingai nuo komandos (65) duomenis išsiunčia tik moduliai (1), kurie priklausančios adresuojamai grupei. Pavyzdžiui jei adresuojama 8 modulių grupė 2, tai pirmasis duomenis išsiųs modulis (1)[9], o siuntimo seką užbaigs modulis (1)[16].

Aprašytas išradimas gali būti pritaikomas įvairiuose pramonės įrenginiuose, kuriuose reikalingos nuosekliai jungiamų Ličio jonų technologijos akumuliatorių elementų grandinės/baterijos: elektromobiliai, elektromotociklai, elektrolaivai, elektrokranai, elektrolėktuvai, nepertraukiamo maitinimo šaltiniai, namų ar įmonių akumuliacinės sistemos, atsinaujinančios energijos akumuliacinės sistemos ir pan. Išradimas gali būti taikomas ir kitokios cheminės sudėties akumuliatorių elementų baterijoms balansuoti jei vieno akumuliatoriaus elemento normalaus darbo ribos pilnai patenka į parinkto mikrovaldiklio (22) darbinės maitinimo įtampos ribas.

Išradimo apibrėžtis

1. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistema naudojanti nuoseklių duomenų perdavimo būdą yra sudaryta iš modulių grandinės, savo maitinimo išvadais jungiamų su atitinkamais akumulatoriaus baterijos elementais ir duomenų perdavimo laidininkais sujungtų su centriniu valdymo bloku, kuris savo ruožtu valdo modulius ir įkroviklį **b e s i s k i r i a n t i** tuo, kad duomenų perdavimui tarp gretimų modulių naudojamas tik vienas laidinis sujungimas ir nenaudojamas optinis atskyrimas taip sumažinant reikalingų komponentų kiekį ir visos balansavimo sistemos kainą.
2. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistema pagal punktą 1, **b e s i s k i r i a n t i** tuo, kad siekiant sumažinti elemento elektros energijos sunaudojimą išsiunčiant duomenis atgal į centrinį valdymo bloką vietoj paprasto optoizoliatoriaus naudojama dviejų optoizoliatorių izoliavimo modulio schema, kuri naudoja akumulatoriaus elemento energiją tik signalo būsenos pasikeitimo momentu.
3. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą 1 duomenų perdavimo būdas, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad duomenų perdavimo būdai naudojami skaidraus ir neskaidraus duomenų perdavimo režimai, kuriuos kombinuojant laike duomenų perdavimo sekose gaunamos įvairios paskirties komandos.
4. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą 1, duomenų perdavimo būdas pagal punktą 3, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad duomenų perdavimo greičiui sinchronizuoti skaidriame režime persiunčiama sinchronizavimo seka leidžia visiems grandinėje esantiems moduliams vienu metu suvienodinti savo perdavimo greitį įvedant reikalingas vidines korekcijas.
5. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą 1 duomenų perdavimo būdas pagal punktą 3, **b e s i s k i r i a n t i s** tuo, kad vienu duomenų perdavimo laidu vykdant vieną komandą automatiškai yra priskiriami identifikatoriai visiems moduliams grandinėje ir suskaičiuojamas jų kiekis.
6. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą

1 duomenų perdavimo būdas pagal punktą 3, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad vykdant duomenų nuskaitymo iš visų modulių komandą duomenys iš visų grandinėje esančių modulių yra perduodami vienu laidu kombinuojant skaidraus ir neskaidraus perdavimo režimus persiunčiami valdymo blokui lavinos principu.

7. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą 1 duomenų perdavimo būdas pagal punktą 3, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad duomenų perdavimui naudojamas klaidas taisantis kodas, kuris leidžia padidinti duomenų perdavimo patikimumą ir sumažinti reikalingų pakartotinių duomenų persiuntimų skaičių.
8. Akumulatoriaus elementų baterijos įkrovimo balansavimo sistemos pagal punktą 1 duomenų perdavimo būdas pagal punktą 3, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad baterijos elemento iškrovimui naudoja impulso pločio moduliaciją, valdančią vidutinę elemento iškrovimo srovę grįžtamuoju ryšiu pagal skirtumą tarp išmatuotos elemento įtampos ir nustatytos ribojimo įtampos.

Fig. 1

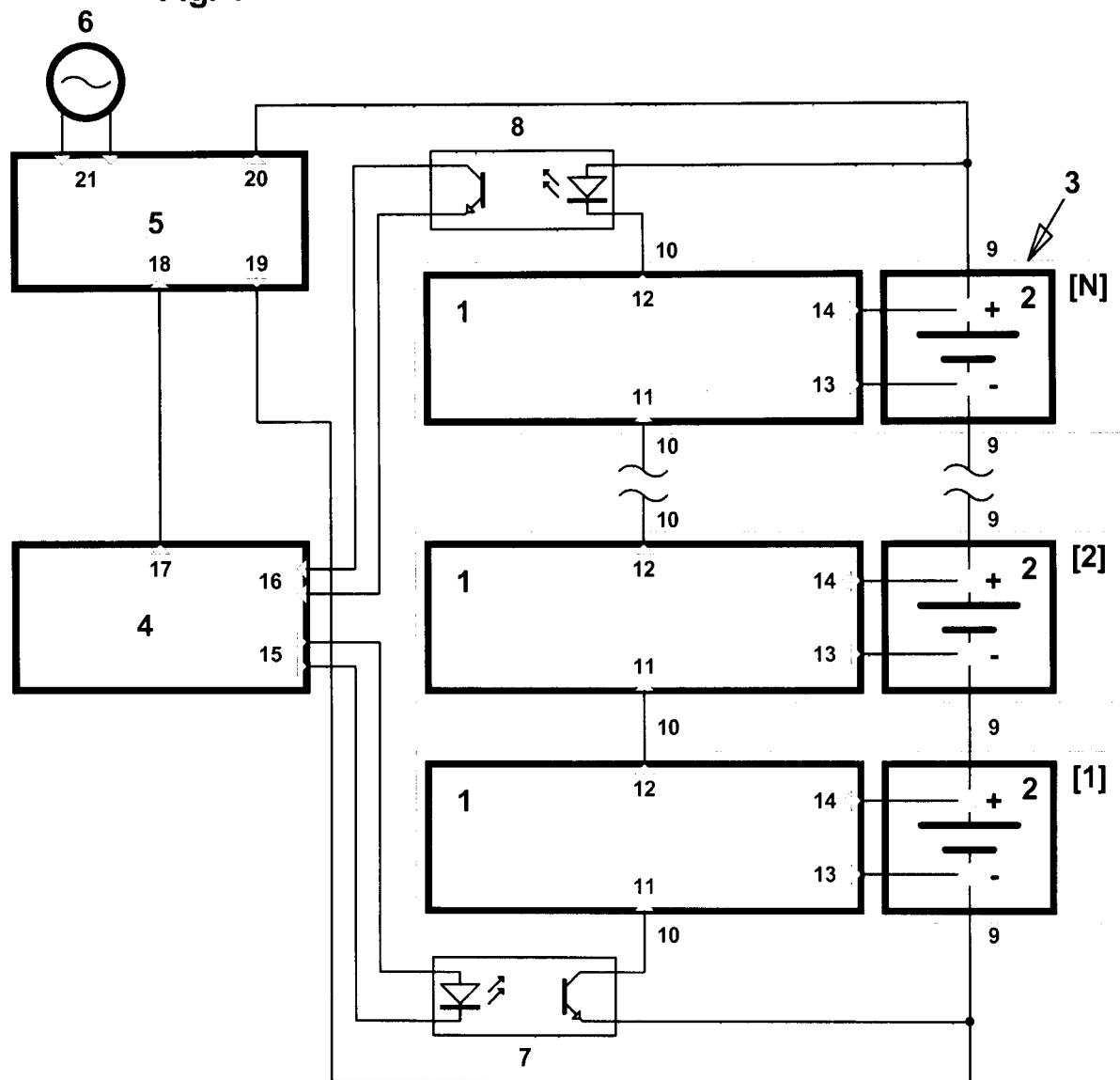


Fig. 2

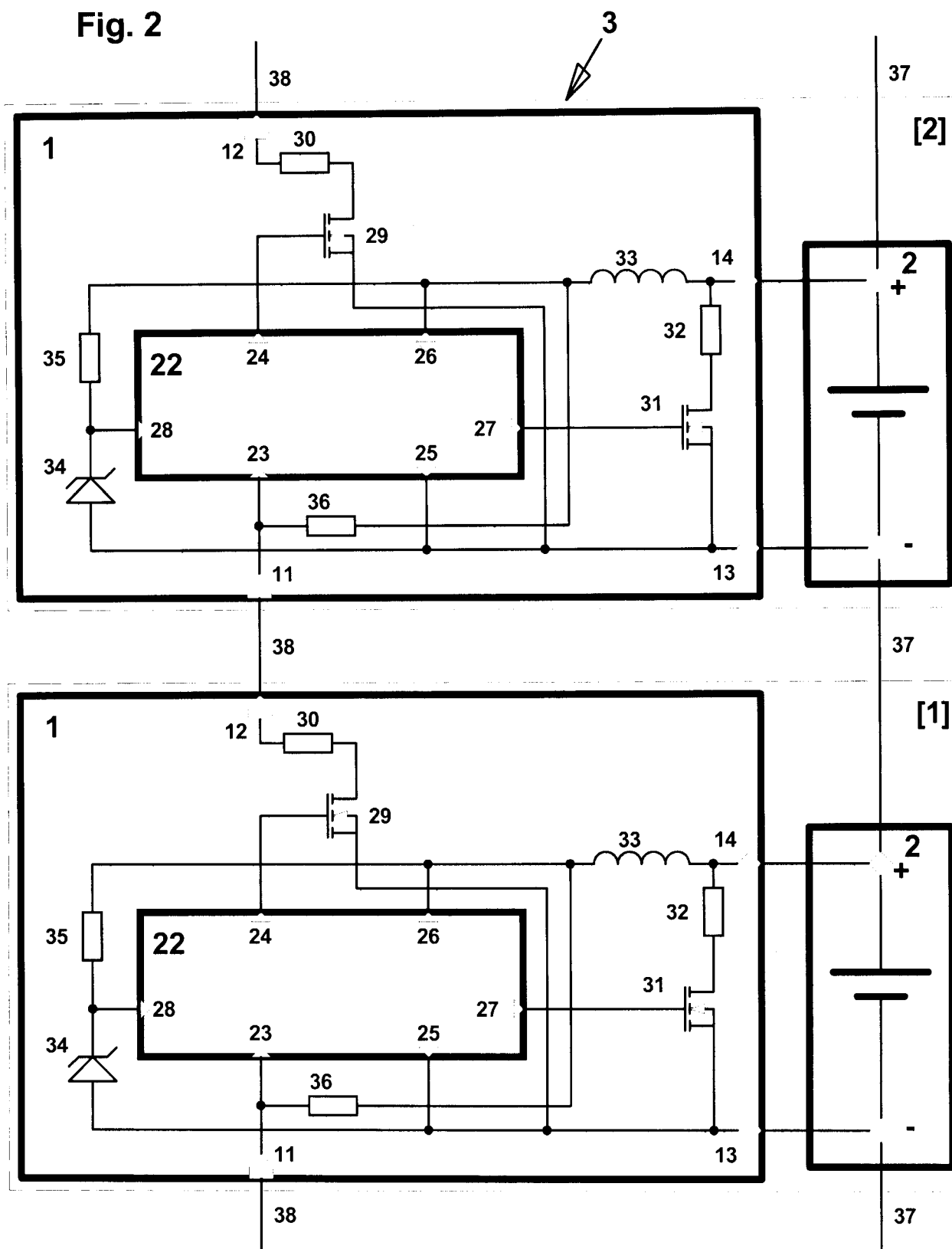


Fig. 3

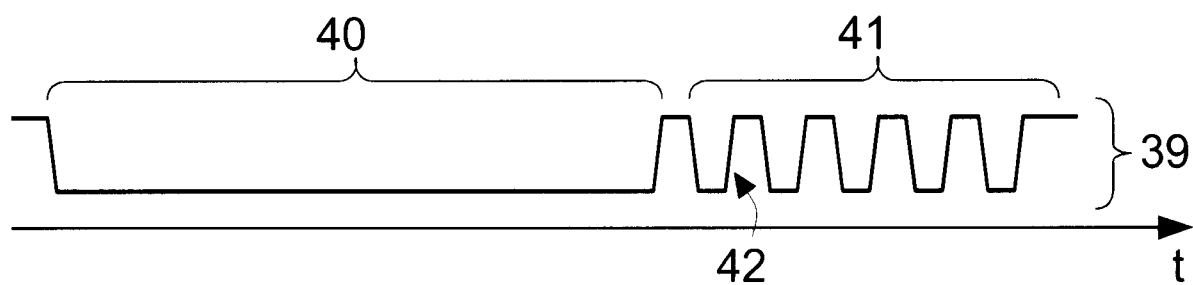


Fig. 4

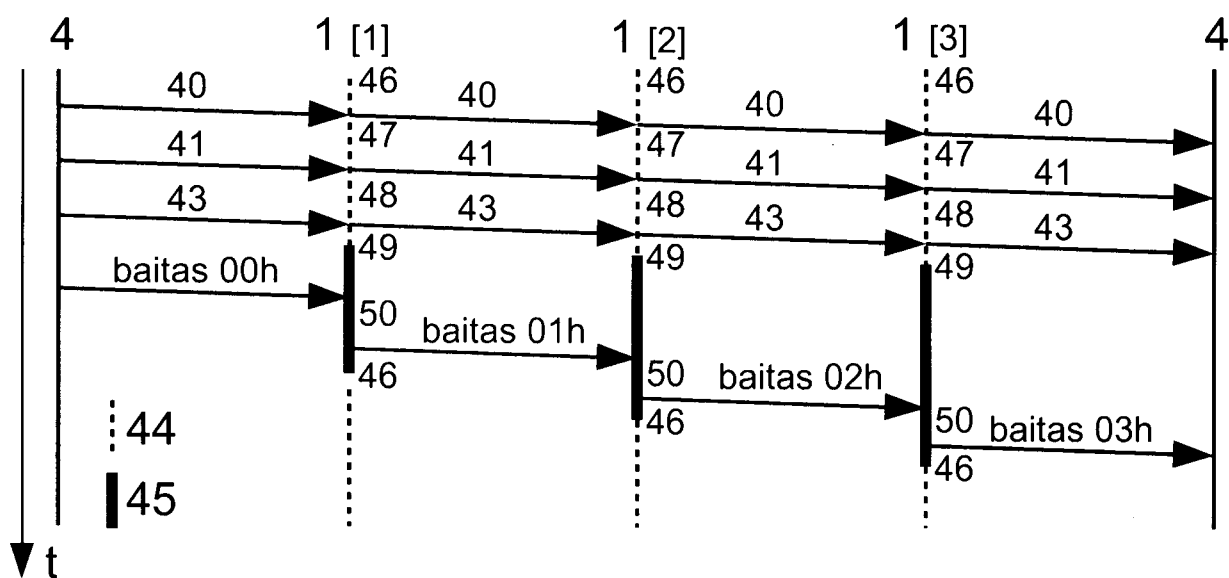


Fig. 5

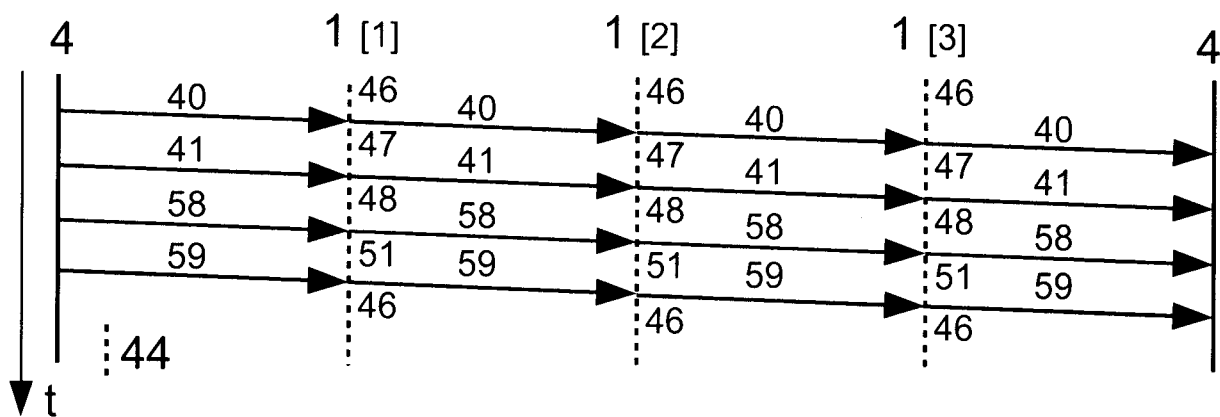


Fig. 6

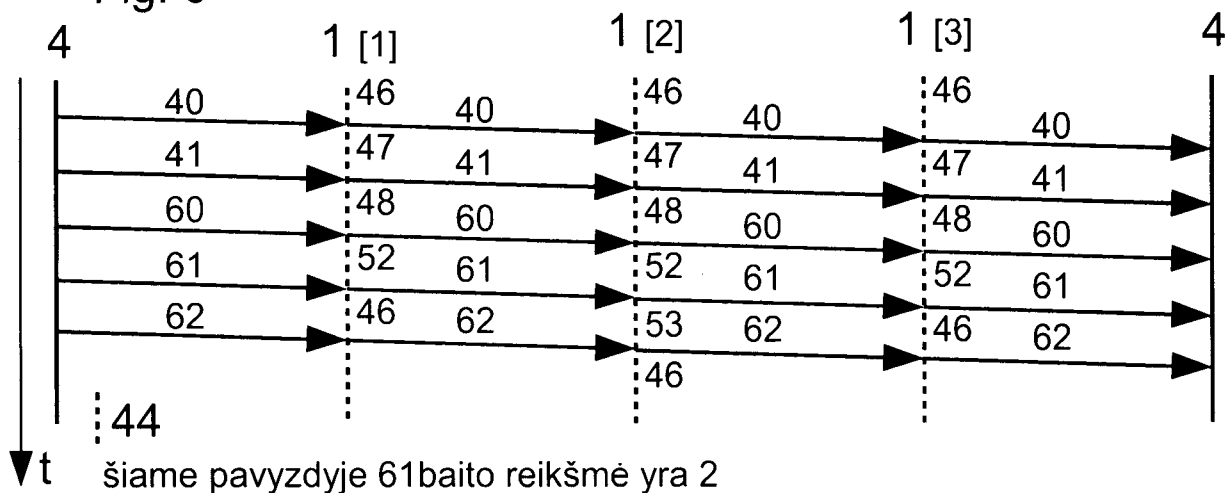


Fig. 7

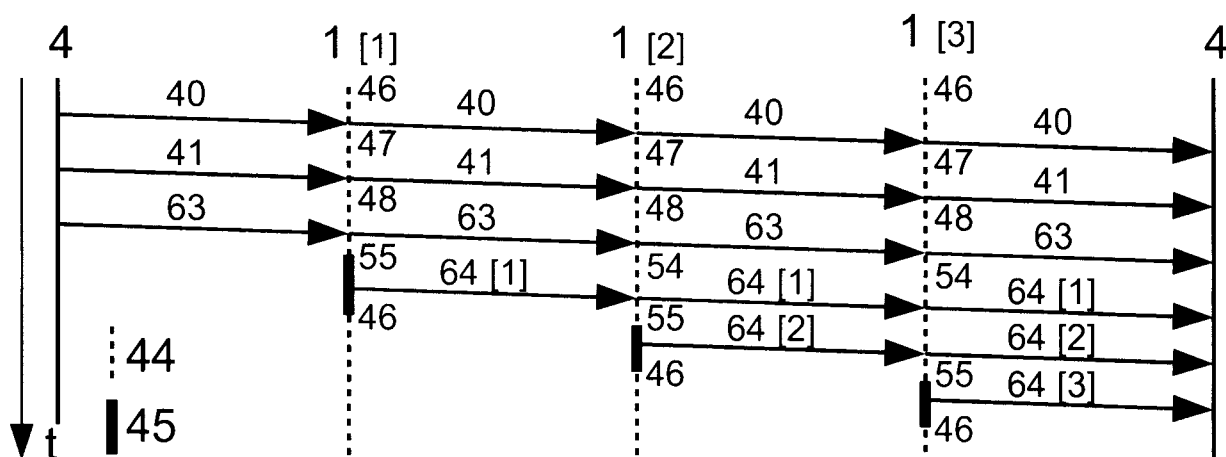


Fig. 8

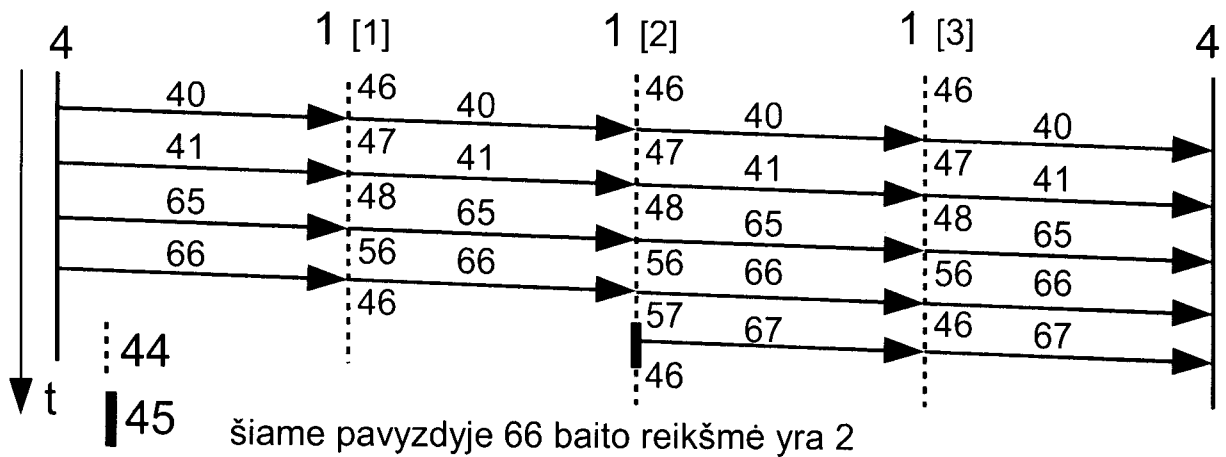


Fig. 9

