

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE
Enerģētikas un elektrotehnikas fakultāte
Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūts

Pēteris APSE-APSĪTIS

Doktora studiju programma „Elektrotehnoloģiju datorvadība”

**ELEKTROTEHNOLOĢISKO IEKĀRTU
BEZVADU MONITORINGA UN VADĪBAS
SISTĒMU IZPĒTE**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs
Akadēmiķis, Dr. habil. sc. ing., professors
L.RIBICKIS

RTU izdevniecība
Rīga 2013

UDK

.....

Apse-Apsītis P. Elektrotehnoloģisko iekārtu
bezvadu monitoringa un vadības sistēmu izpēte.
Promocijas darba kopsavilkums. -R:RTU, 2013.
-28 lpp.

Iespiests saskaņā ar IEE institūta 2012. gada
4.oktobra lēmumu, protokols Nr.68.

ISBN _____

PROMOCIJAS DARBS
IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiks publiski aizstāvēts 2013.g. 12.februārī plkst. 15 Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātē, Kronvalda bulvārī 1, 117 auditorijā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr.habil.sc.ing. Ivars Raņķis
Rīgas Tehniskā universitāte

Asoc. profesors, Dr.sc.ing. Leonards Latkovskis
LZA Fizikāli enerģētiskais institūts

Dr.sc.ing. Jānis Stabulnieks
Latvijas Tehnoloģiskais centrs

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Pēteris Apse-Apsītis(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, satur ievadu, 4 nodaļas, secinājumus, 10 pielikumus, 90 attēlus un ilustrācijas, 8 tabulas, kopā 153 lappuses. Izmantotās informācijas avotu sarakstā ir 134 nosaukumi.

DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

TĒMAS AKTUALITĀTE

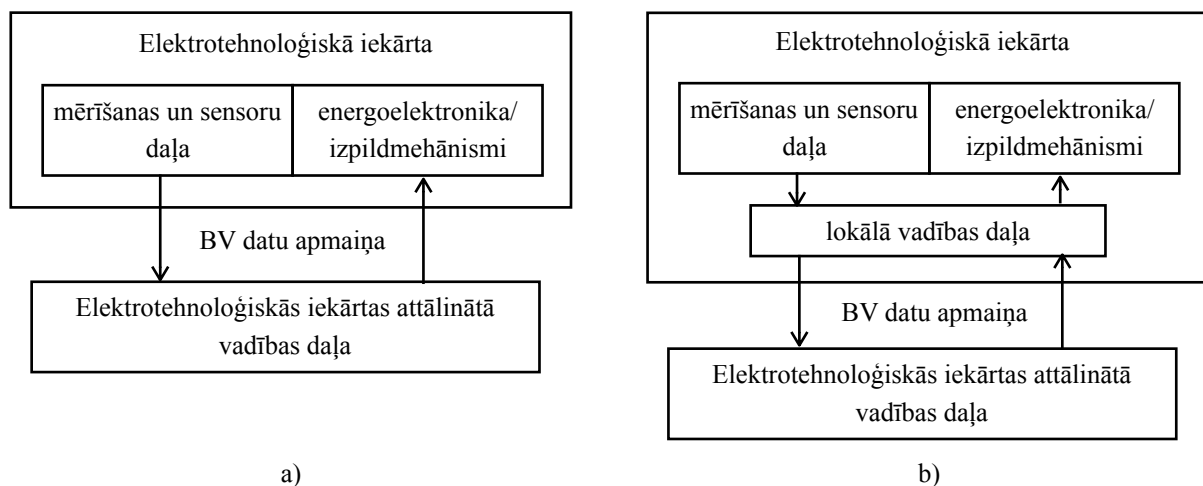
IKT kopumā un to bezvadu komunikācijas pēdējo 10-15 gadu laikā ir kļuvušas par nozīmīgu ekonomikas un pētniecības nozari. Galvenais bezvadu datu komunikācijas attīstības dzinējspēks ir patērētāju multifunkcionālo stacionāro un mobilo ierīču lietojumprogrammu izmantošanas pieaugums un to savstarpējās komunikācijas nepieciešamība.

Pieaugot atsevišķu, pilnīgi vai daļēji autonomu elektrotehnoloģisko iekārtu (EI) iekļaušana lielākās sistēmās, tām veido centralizētas vadības, datu uzkrāšanas un citus moduļus / iekārtas. Daudzos gadījumos komunikācijas vadu izmantošana var būt grūti vai pat neiespējami realizējama. Piemēram, starp EI, kuras atrodas atsevišķās ēkas, vai ja EI maina novietojumu telpā (mobilas iekārtas vai to mezgli).

Potenciāls risinājums ir bezvadu (BV) komunikācija.

Vairāku desmitu gadu garumā, sekojot informācijai literatūrā, publikācijās un ražotāju informatīvajos materiālos (*white paper*), iespējams secināt, ka bezvadu komunikācija galvenokārt ir apskatīta no programmatūras, lietojumprogrammu vai bezvadu sakaru realizācijas skatu punkta, bet minimāli un fragmentēti no elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmu (EIBMVS) skatu punkta.

Tādēļ nav skaidra ekonomisko BV komunikācijas risinājumu ZigBee vai SRD (*Short-Range Device*) iespējas un komplikētība pielietojumam EIBMVS (1. attēls).



1. att. Elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmas EIBMVS
a) momentānā, b) reālā laika

DARBA MĒRĶIS

Izpētīt ekonomisko bezvadu datu apmaiņas risinājumu piemērotību telpā izkliedētu elektrotehnoloģisko iekārtu un to moduļu “mākoņa” (*cloud*) vadībai un parametru vērtību iegūšanai tieši vai reālā laikā, kā arī tos eksperimentāli pārbaudīt EIBMVS ietvaros.

DARBA ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE

Darba zinātniskā novitāte ir:

- izstrādātā elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmu (EIBMVS) klasifikācija ,
- pamatojumā, ka tiešās EIBMVS iespējams realizēt ar radioviļņu nesēja analogo (AM/FM) vai digitālo modulāciju (ASK/FSK), kā modulējošo signālu izmantojot parametra analogo vērtību vai tai proporcionālu impulsa garumu, bet nevar realizēt izmantojot virknes datu apmaiņas protokolus,
- pamatojumā, ka reāla laika EIBMVS iespējams realizēt ar universālo asinhrono raidzvēvērēju (UART) virknes datu apmaiņas protokolu, bet ir problemātiski vai neiespējami realizēt ar IEEE 802.15.4 standarta protokolu, kuru izmanto ZigBee.

DARBA PRAKTISKĀ VĒRTĪBA

Darba eksperimentālo testu nodrošināšanai ir izstrādāti jauni tehniskie risinājumi:

- LED gaismekļu apgaismojuma regulatori, EIBMVS vadība ar relāciju datu bāzes palīdzību un atbilstošie mikrokontrolleru programmas kodi ir tieši izmantoti LR Vides Ministrijas Klimata pārmaiņu finanšu instrumenta līdzfinansētā projekta „LED ielu apgaismošanas gaismekļu ar inteligēnto vadības sistēmu prototipa izstrāde” realizācijā,
- prototipi elektrotehnikas priekšmetu apmācības praktiskajai daļai, ir attīstāmi un pielietojami elektrotehnikas studijās,
- čūskveida kustības robota elektropiedziņa un termokompensēts šunts strāvas mērīšanai ir patentēti.

AIZSTĀVĒŠANAI TIEK IZVIRZĪTS

1. Pamatojums, ka elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēma nevar tieši aizstāt elektrotehnoloģiskās iekārtas komunikācijas vadus tās radītās laika aiztures dēļ, izņemot speciālus gadījumus.

2. Pamatojums ka EIBMVS, galvenokārt, spēj realizēt vispārēju parametru monitoringu vai vispārēju EI vadību.

3. Jauna elektroenerģijas patēriņa monitoringa metode un ierīce individuālu elektroenerģijas patērētāju grupai un tās integrēšanas paņēmieni EIBMVS.

4. Jauna energoefektīva robota vai manipulatora rokas vadības metode un tās integrēšanas paņēmieni EIBMVS.

DARBA SATURS UN APJOMS

Promocijas darbs satur ievadu, 4 nodaļas, secinājumus, izmantoto informācijas avotu sarakstu. Darba apjoms ir 153 lappuses, 91 attēls, 8 tabulas un 10 pielikumi. Informācijas avotu sarakstā 134 nosaukumi.

DARBA APROBĀCIJA UN PUBLIKĀCIJAS

Darba satura rezultāti ziņoti un apspriesti starptautiskajās konferencēs:

1. 53rd International Symposium ELMAR 2011, Zadar, Croatia, 2011, ziņojums "Concept of Low-Cost Energy Monitoring System for household Application",
2. 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Riga, Latvia, 2011, ziņojums "Household Energy Consumption Monitoring",
3. 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Riga, Latvia, 2011, ziņojums "Embedded ICT for Railway Safety".
4. Annual 17th International Scientific Conference "Research for Rural Development 2011" Proceedings, (Volume 1), LLU, Jelgava, Latvia, 2011, ziņojums "Low Cost Energy Monitoring Method with Wireless ICT",
5. 10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering, Pärnu, 2011, ziņojums "CANbus elements in robotic snake-like movement device control",
6. 2nd IEEE ENERGYCON Conference & Exhibition, 2012 - ICT for Energy, Florence, Italy, 2012, ziņojums "Wirelessly controlled LED lighting system",
7. 3rd IFIP WG 5.5/SOSOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2012, Costa de Caparica, Portugal, 2012, ziņojums "Development of Energy Monitoring System for Smart Grid Application".
8. 15th International Conference "Interactive Collaborative Learning" ICL 2012, Villach, Austria, 2012, ziņojums "Remote Workshop for Practical Knowledge Improvement in Electrical Engineering Education",
9. Global Engineering Education Conference EDUCON 2012 IEEE, Marrakech, Morocco, 2012, ziņojums "Practically oriented e-learning workshop for knowledge improvement in engineering education computer control of electrical technology,"
10. 16th International Conference ELECTRONICS 2012, Palanga, Lithuania, 2012, ziņojums "Self-tuning CORE-less serial Resonant DC/DC Converter for Powering Loads on Rotating Shafts",

Galvenie darba rezultāti ir izklāstīti 16 publikācijās (skat. 22.-24 .lpp.)

Pētījuma kvalitāti apstiprina starptautisks PCT patents un pozitīvs starptautiska PCT patenta pieteikuma atzinums.

DARBA SATURS

Ievads.

1. nodaļa. Elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmu (EIBMVS) funkcionālās struktūras un klasifikācija.
2. nodaļa. EIBMVS metodes - analīze un risinājumi.
3. nodaļa. Jaunu EIBMVS mezglu izstrāde.
4. nodaļa. EIBMVS eksperimentālie pētījumi.

Secinājumi.

Publikāciju saraksts.

Izmantoto informācijas avotu saraksts.

IEVADS.

Komunikācijas vadu izmantošana starp elektrotehnoloģiskām iekārtām, kuras atrodas atsevišķās ēkās vai ir mobilas, var būt grūti vai pat neiespējami realizējama.

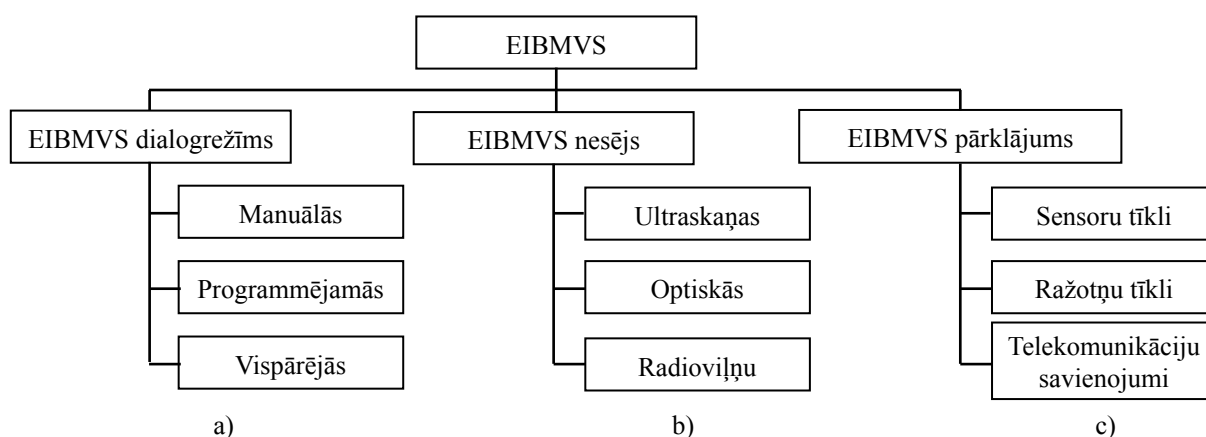
Iespējamais risinājums ir zināmā bezvadu komunikācija, tomēr tās iespējas elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmu (EIBMVS) kontekstā līdz šim ir apskatītas fragmentēti. Bezvadu komunikācijas iespējas ir pētītas šajā darbā.

1. nodaļa. EIBMVS FUNKCIONĀLĀS STRUKTŪRAS UN KLASIFIKĀCIJA

EIBMVS funkcionāli ietver divas galvenās daļas: EI parametru mērīšanas / komandu realizācijas daļu un attālināto vadības daļu, kuras ir aprīkotas ar bezvadu (BV) sakaru moduļiem. Komunikāciju starp tām var būt vienvirziena vai divvirziena.

Divvirziena sistēmas daļa nepilna un pilna duplexa sistēmās. Visplašāk izmanto nepilna duplexa sistēmas vienkāršāka un ekonomiskāka tehniskā risinājuma dēļ - tās izmanto vienu nesējfrekvenci pārmaiņus raidīšanai un uztveršanai.

Dažādie EIBMVS uzdevumi un to risināšanas veidi/paņēmieni, ļauj veidot klasifikācijas shēmas pēc dialogrežīma, nesēja vai pārklājuma - komunikācijas distances (2. attēls).



2. att. EIBMVS klasifikācija: a) pēc dialogrežīma, b) pēc nesēja, c) pēc pārklājuma.

EIBMVS, galvenokārt, izmanto radioviļņu nesēju ar definētu komunikācijas protokolu.

Tādēļ ir izveidota klasifikācijas shēma (3.attēls), kura attēlo daļījumu grupās, saskaņā ar izmantotajiem komunikācijas protokoliem, kurus reglamentē standarti.

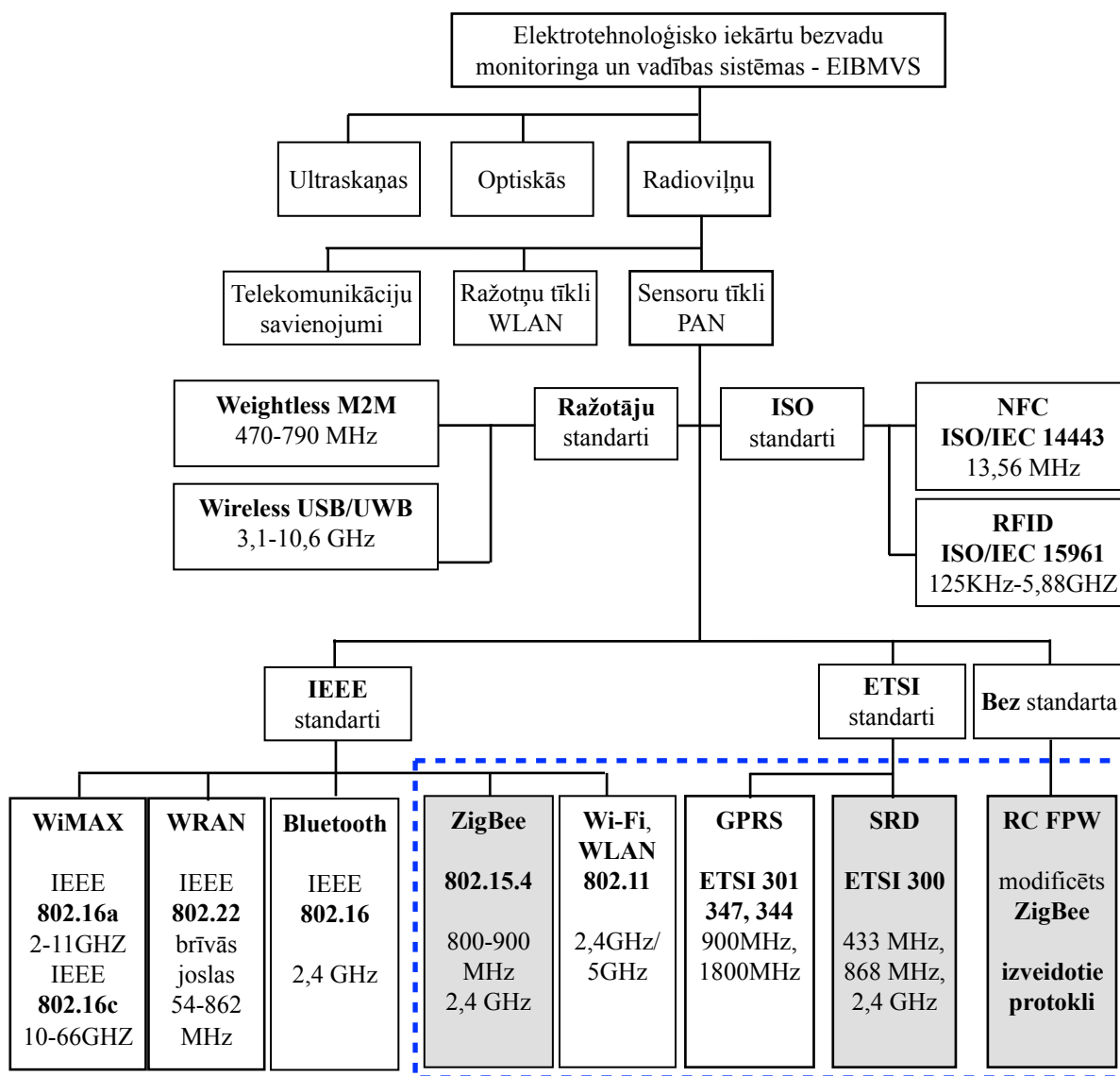
Šāda klasifikācijas shēma dod iespēju konkrēti norādīt darbā apskatītās grupas (apzīmētas ar pārtrauktu kontūrlīniju un tonētu fonu).

Klasifikācija pēc reakcijas laika

Atkarībā no EIBMVS BV komunikācijas un EI mezglu savstarpējā slēguma, EIBMVS var dalīt:

- tiešās EIBMVS,
- reālā laika EIBMVS,
- vispārējās EIBMVS.

Klasifikācija pēc reakcijas laika ļauj noteikt vai EIBMVS tieši vai pastarpināti ļauj aizstāt EI komunikācijas vadus ar BV komunikāciju.



3. att. EIBMVS klasifikācija pēc nesēja, tīkla, standarta un komunikācijas protokola

Klasifikācija pēc reakcijas laika ir ļoti būtiska tālākos EIBMVS pētījumos, izstrādē un realizācijā.

2.nodaļa. EIBMVS METODES - ANALĪZE UN RISINĀJUMI

EIBMVS uzdevums ir nodrošināt attālinātu EI parametru monitoringu un šo iekārtu vadību, aizstājot komunikācijas vadus ar bezvadu sakaru kanālu.

EIBMVS kontekstā BV komunikācijas daļa ir elektrotehnoloģiskās iekārtas energoelektronikas un vadības daļu telpā izvērstais saistošais elements (1. attēls), ar kura palīdzību aizstāj komunikācijas vadus.

Mērījuma-izpildkomandas cikla kopējo laiku aprēķina sekojoši:

$$T_C = t_M + t_{SA} + t_R + t_{SU} + t_{IE} , \quad (1)$$

kur T_C - cikla kopējais laiks,

t_M - mērījuma iegūšanas laiks,

t_{SA} - saņemšanas laiks pa BV saiti,

t_R - vadības daļas reakcijas laiks,

t_{SU} - sūtīšanas laiks pa BV saiti,

t_{IE} - energoelektronikas reakcijas laiks.

Bezvadu komunikācija ir jāuzskata par sistēmā ienestu, mainīgas vērtības laika aiztures elementu EIBMVS.

2.1. Radioviļņu nesēja modulācija informācijas pārvadei.

Ar elektrotehnoloģiskās iekārtas parametru nolasījumu vērtībām saistītā radioviļņu nesēja modulācija var būt nepārtraukta vai diskrēta (digitāla).

Nesēja modulācijai galvenokārt izmanto digitālo frekvences vai fāzes modulāciju. Amplitūdas modulāciju raksturo zemāka traucējumnoturība, turklāt, amplitūdas modulēta signāla spektrā ir nesējfrekvence, ka arī augšējā un apakšējā sānu frekvence. kas ievērojami samazina amplitūdas modulēta nesēja enerģētisko efektivitāti. Efektivitāti iespējams paaugstināt izmantojot viensoslās modulāciju (SSB).

EIBMVS kontekstā, galvenā analogi modulēta radiosignāla priekšrocība ir iespēja vienlaicīgi saņemt EI vairāku parametru mērījumus vai sūtīt vairākas komandas. Pārraidot ar atsevišķo parametru mērījumu vērtībām modulē zemo frekvenču $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ amplitūdas un summē kopējā signālā, ar kuru modulē nesējfrekvenci ω un pārraida (4. attēls). Atsevišķu parametru vērtību raksturojošo spriegumu U_1, U_2, \dots, U_N summa nedrīkst pārsniegt kopējo pieļaujamo modulācijas spriegumu - nesēja sprieguma vērtību.

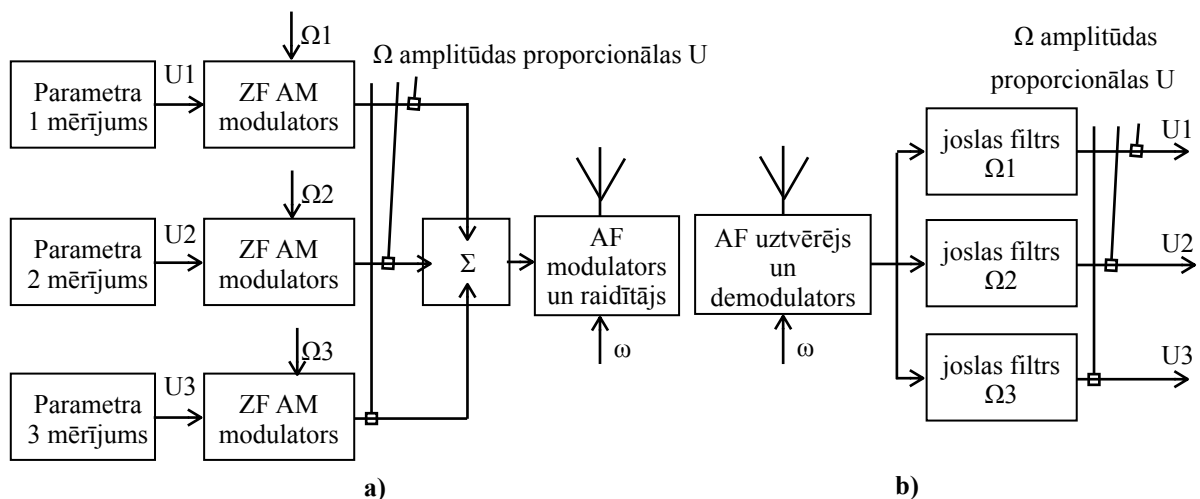
Būtisks analogās modulācijas trūkums ir ierobežojums pārraidāmo parametru (U_1, U_2, \dots, U_N summa) dinamiskajam diapazonam.

Analogi modulēta signāla dinamiskais diapazons nepārsniedz 48 dB un praktiski tas nepārsniedz 8-bitu ACP dinamisko diapazonu 48,17 dB, ko aprēķina sekojoši:

$$DR_{ACP} = 6,0206 \times n = 6,0206 \times 8 = 48,165(dB). \quad (2)$$

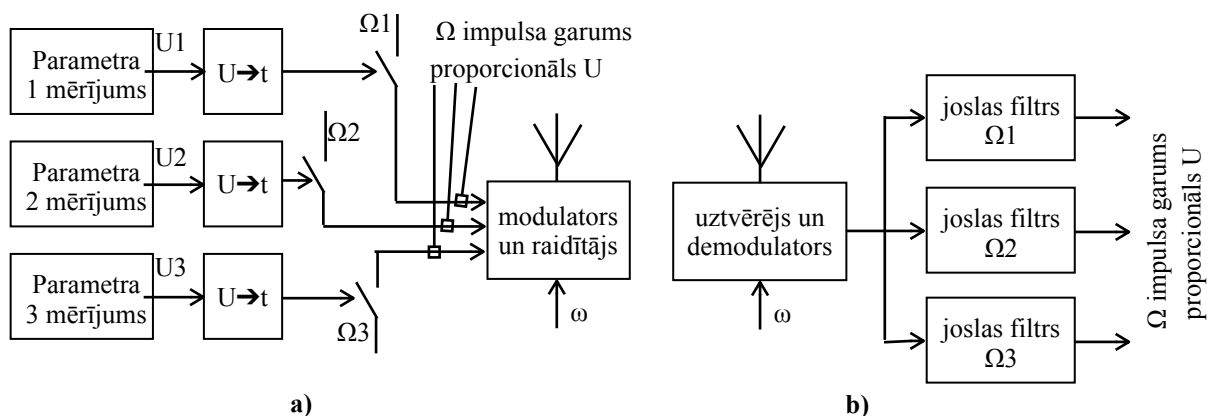
Mikrokontrolleros plaši izmantotā 10-bitu ACP dinamiskais diapazons ir 60,2 dB.

Analogi modulēta nesēja trūkums ir zemā traucējumu noturība pret dažādiem dzirksteļu procesiem, piemēram, elektrodzinēju sukās, kas ierobežo tās pielietojuma iespējas EIBMVS.



4. att. Nesēja analogās modulācijas bāzēta EIBMVS funkcionālā shēma
a) raidošā daļa, b) uztverošā daļa

Lai mazinātu radiotraucējumu ietekmi, mērāmā parametra nolasījuma analogo vērtību pārveido proporcionāla garuma impulsā. Pārraidot izmanto 100% modulāciju, ekvivalentu slēdža darbībai “ieslēgts-izslēgts” (5. attēls).



5. attēls. Reālā laika EIBMVS funkcionālā shēma, parametra vērtību pārveido proporcionālā impulsa garumā
a) raidošā daļa, b) uztverošā daļa

TAUSTIŅAM ATBILSTOŠĀS DTMF FREKVENČŪ KOMBINĀCIJAS

1. tabula

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Uzticamību EIBMVS darbībai palielina DTMF (divtoņu daudzfrekvenču signālizācija, *Dual-tone multi-frequency signaling - DTMF*) izmantošana, kuras frekvences veido 4x4 matricu (1. tabula) un ir izvēlētas tā, lai būtu minimāla iespēja tām veidoties nejauši. DTMF frekvenču kombinācijas pārraida secīgi, parametru pēc parametra, komandu pēc komandas. DTMF izmantošana EIBMVS tuvina reālā laika EIBMVS - to vairs nevar uzskatīt par tiešu (2.3. nodaļa).

2.2. Tiešās EIBMVS

Par tiešu EIBMVS uzskata tādu EIBMVS, kura nemaina elektrotehnoloģiskas iekārtas darbību, aizstājot komunikācijas vadus ar pilna duplexa radio radiosakaru saiti.

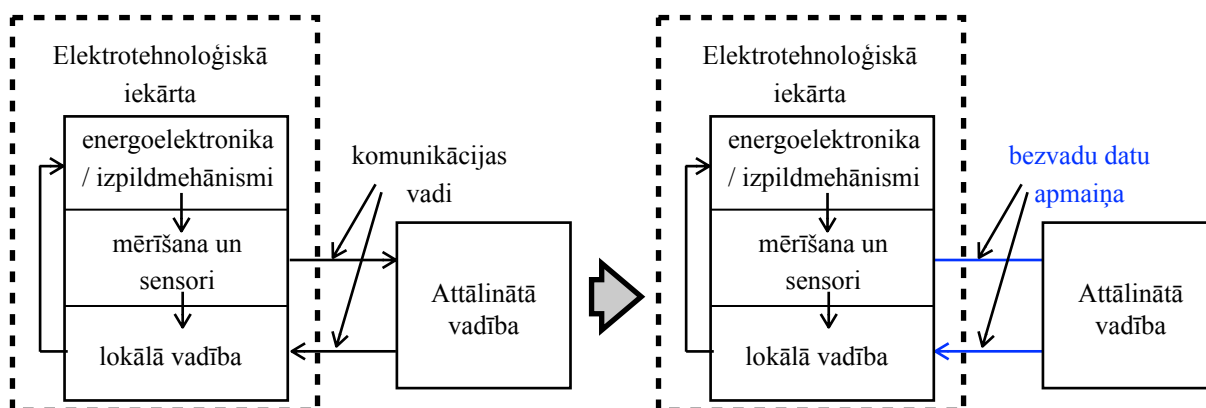
Vienlaicīgai vairāku parametru vērtību / komandu pārsūtīšanai iespējams izmantot 7. un 8. attēlos parādītās funkcionālās shēmas, kuras ļauj atteikties no individuālas nesējfrekvences izmantošanas katram parametram.

Radioviļņu (ZigBee, SRD u.c.) zemu ātrumu virknes datu apmaiņas komunikācijas nav piemērotas elektrotehnoloģisko iekārtu tiešai vadībai, jo var būtiski mainīt tās darbību papildus ienesto aiztures laiku dēļ.

2.3. Reālā laika EIBMVS

Reālā laika EIBMVS ir tāda EIBMVS, kura principiāli nemaina elektrotehnoloģiskas iekārtas darbību, aizstājot komunikācijas vadus starp elektrotehnoloģisko iekārtu un tās attālināto vadības daļu ar radiosakaru saiti (6. attēls):

Reālā laika EIBMVS komandu nosūtīšanas un datu saņemšanas kopējais laiks nepārsniedz cilvēka reakcijas laiku (vidēji 160-180 ms)



6. att. Reālā laika EIBMVS

2.4. Vispārējās EIBMVS

Vispārējo EIBMVS tehniskie risinājumi būtībā neatšķiras no momentāno vai reālā laika EIBMVS tehniskajiem risinājumiem.

Atšķirība no reālā laika EIBMVS ir komandu nosūtīšanas un datu saņemšanas kopējā laikā - tas pārsniedz cilvēka reakcijas laiku manuālās vadības sistēmās (vidēji 160-180 ms).

Vispārējās EIBMVS izmanto vienkāršu uzdevumu risināšanai, kuros minētais laiks nav kritisks pareizai darbībai.

2.5. EIBMVS tīkli

EIBMVS tīklos var veidoties laika aiztures, kuras pārsniedz reālā laika EIBMVS datu saņemšanas un komandu nosūtīšanas laika kritēriju 160-180 ms.

EIBMVS pārsvarā lieto zvaigznes tīklu, jo EI konstruktīvie izmēri nepārsniedz raidītāju / uztvērēju un raiduztvērēju darbības zonu 100 -1000 m. Zvaigznes tīklā neizmanto datu vai komandu retranslāciju.

2.6. EIBMVS tīkls ar relāciju datubāzes vadību

Aprakstītajām EIBMVS metodēm un risinājumiem ir trūkumi:

- trūkst vizualizācijas,
- neievēro EIBMVS moduļu komunikācijas noslodzes, darbojoties tīklā,
- trūkst intuitīva un viegli saprotama lietotāja interfeisa ar iespēju viegli to mainīt atbilstoši lietotāja vajadzībām,
- nepieciešamas labas zināšanas mikrokontrolleru un moduļu programmēšanā.

Ar datu bāzes palīdzību iespējams automatizēt daudzus uzdevumus, kuri atkārtojas, piemēram EIBMVS uzdevumi. Tādēļ EIBMVS vadību ir efektīvi organizēt ar datu bāzes programmas palīdzību. Autora datu bāzes definīcija:

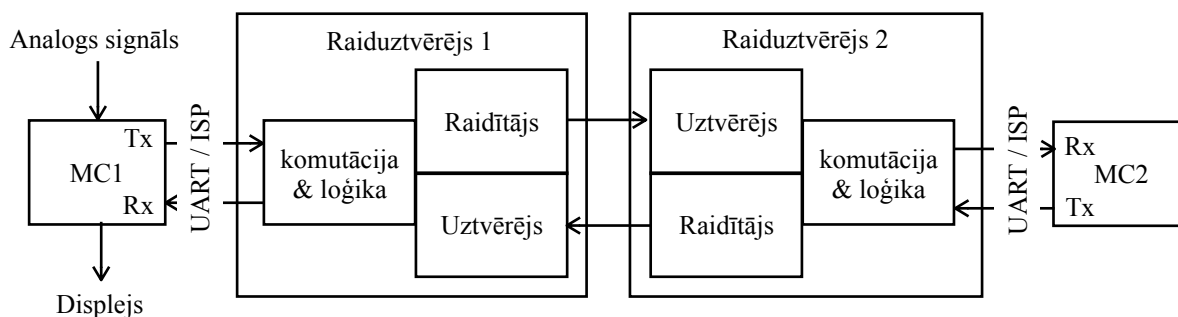
Datu bāze ir informācijas organizācijas un analīzes metode / paņēmiens

Datorprogramma “FileMaker Pro” bez programmēšanas zināšanām ļauj veidot ērti lietojamu datu bāzi, to modificēt un veikt dažādus aprēķinus. “FileMaker” ir relāciju datu bāze ar plašām iespējām veidot lietotāja interfeisu, kurš nodrošina intuitīvu un viegli saprotamu EIBMVS vadību.

“FileMaker” programmas lietošana EIBMVS risinājumos, saskaņā ar autoram pieejamo informāciju, līdz šim nav realizēta.

2.7. Informācijas sūtīšanas - saņemšanas laika noteikšana

Informācijas sūtīšanas - saņemšanas laika noteikšanas blokshēma ir attēlota 7. attēlā. MC1 sūta informāciju ar raiduztvērēja R1 palīdzību, raiduztvērējs R2 to uztver, MC2 atšifrē un sūta atpakaļ uz MC1 ar R2 un R1 starpniecību. Šādu procedūru apzīmē arī kā “atbalss”. Eksperimentālie rezultāti attēloti 2. tabulā.



7. att. Informācijas sūtīšanas-saņemšanas laika testēšanas blokshēma

Šāda “atbalss” procedūra pilnībā ietver visus izvēlēta komunikācijas protokola informatīvos un datu baitus.

Sūtīšanas - saņemšanas laika noteikšanu ieteicams realizēt ar “atbalss” metodi reālā vidē, piemēram ražotnē, pirms EIBMVS projektēšanas un realizācijas.

Komunikācija	sūtīšanas-saņemšanas laiks, ms	Komunikācijas distance
divu RC servodzinēju tieša vadība FM raidītājs HM-T, uztvērējs HM-R, 868 MHz	<0,1	<25 m
UART protokols ar vienkāršiem AM raidītājiem-uztvērējiem, 433 MHz, 7 datu baiti, max 2400 bit/s	31- 34	<15 m
UART protokols ar vienkāršiem FM raidītājiem-uztvērējiem, 868 MHz, 7 datu baiti, max 2400 bit/s	30- 31	<15 m
ar UART ieeju aprīkoti FM raiduztvērējiem 433 MHz, 7 datu baiti, 9600 bit/s	80- 82	~100 m
ZigBee protokola datu apmaiņa 868 MHz, 7 datu baiti, 9600 bit/s	155- 160	~100 m
ZigBee protokola datu apmaiņa 868 MHz, 64 datu baiti, 9600 bit/s	252- 258	~100 m
ZR7AZ/ZF-1 AM raidītāji-uztvērēji 433 MHz, 31,25 Kbit/s	300- 340	<100 m

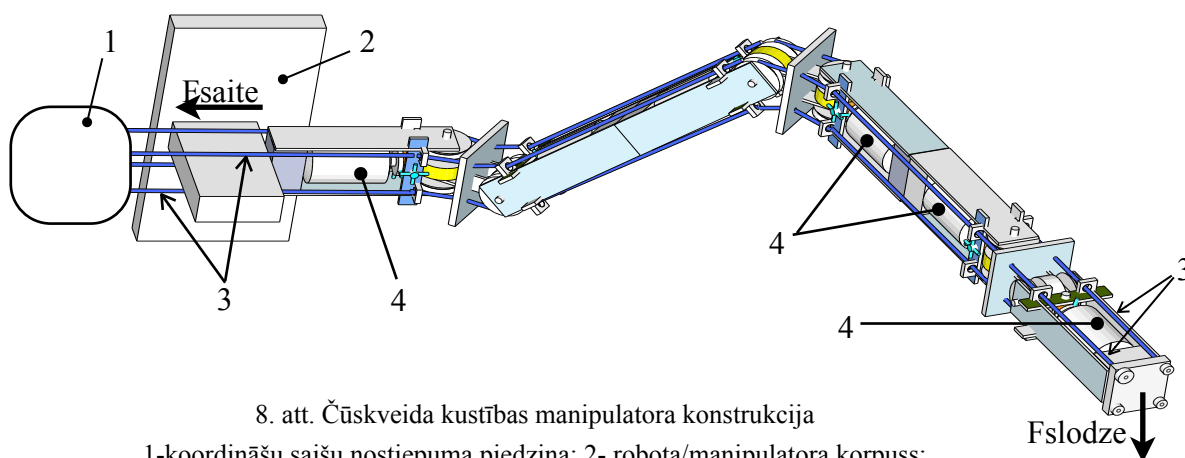
Sūtīšanas - saņemšanas laika noteikšanas “atbalss” metode ir vienīgā iespēja ticami noteikt šo laiku, jo tā ietver visus informatīvos un datu baitus, kā arī apkārtējās vides traucējumu ietekmi uz komunikācijas procesu.

3.nodaļa JAUNU EIBMVS MEZGLU IZSTRĀDE

3.1. Čūskveida kustības robota mezglu elektropiedziņa

Patentēto čūskveida kustības izpildmehānismu (8. attēls) var pielietot kā robota vai manipulatora roku, vai arī tas var darboties atsevišķi.

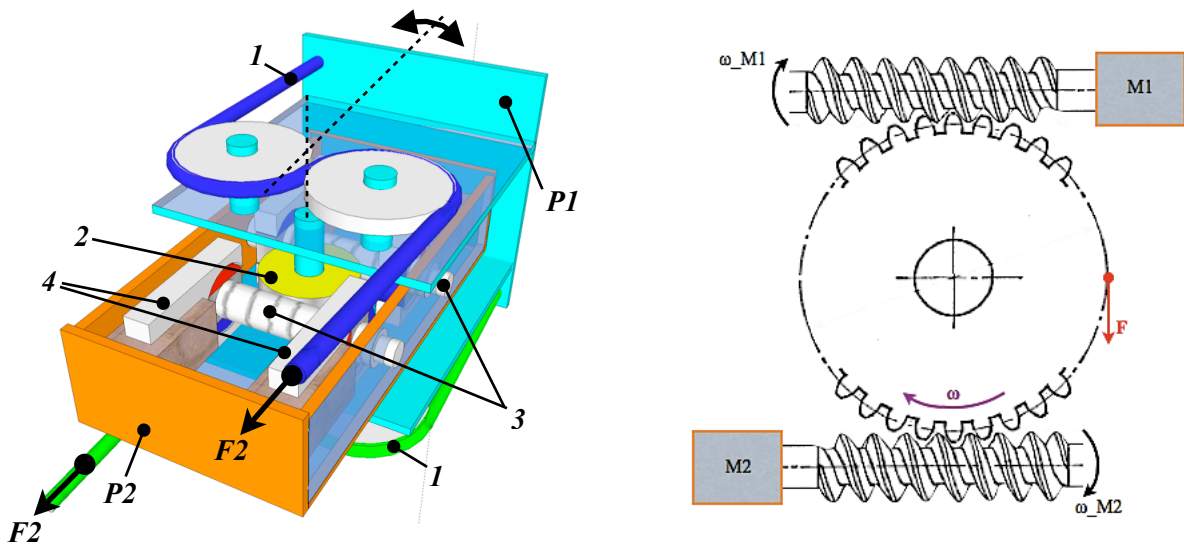
Čūskveida kustība notiek attiecībā pret, pie korpusa fiksētā, moduļu ķēdes galu.



8. att. Čūskveida kustības manipulatora konstrukcija

1-koordināšu saišu nostiepuma piedziņa; 2- robota/manipulatora korpuss;
3-koordināšu saites; 4- elektrodzinēji

Moduļu daļas P1, P2 maina stāvokli viena pret otru koordināšu saišu nostiepuma rezultāta (spēki F1 un F2), tajā gadījumā, ja elektrodzinēju 4 (M1, M2) darbība griežot gliemežus 3, ļauj pagriezties gliemežratam 2 (9. attēls).



9. att. Izpildmehānisma modulis
 P1, P2 - moduļa daļas; 1)-koordināšu saites 2)-gliemežrats 3)- gliemeži 4)- soļu dzinēji

Elektrobarošānai izmanto koordināšu saites, savukārt, elektrodzinēju darbību vada no centrālā moduļa ar BV datu pārraidi. Analogiski saņem informāciju no slīpuma sensoriem par katra moduļa stāvokli telpā.

MODUĻA PAGRIEZIENA LENĶA KĻŪDA EIBMVS LAIKA AIZTURES IETEKMĒ

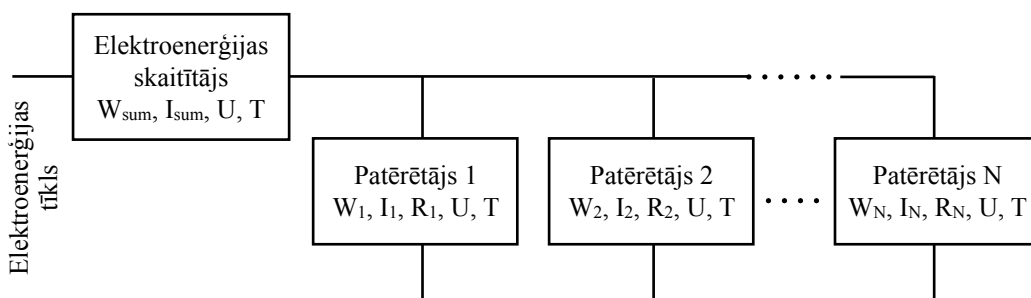
2.3. tabula

ω , deg/s	n, apgr/min	ω , deg/ms	α_{eho} , deg ($T_{\text{eho}}=82$ ms)
15	2,5	0,015	1,23
30	5	0,03	2,46
60	10	0,06	4,92
90	15	0,09	7,38

Čūsksveida kustības izpildmehānisma konstrukcija ļauj mainīt moduļu ķēdes profilu, mainot koordināšu saišu nostiepumu ar vienlaicīgu attiecīgo elektrodzinēju darbību. Profila saglabāšanai nav nepieciešamas jebkura veida bremzes - enerģiju taupošs risinājums.

3.2. Termokompensēts šunts strāvas mērīšanai un integrācijai EIBMVS

Elektroenerģijas patēriņu vairāku patērētāju grupai uzskaita vienā punktā (10. attēls). Tipiski uzskaita patērēto aktīvo elektroenerģiju.



10. att.. Patērētāju grupas elektroenerģijas uzskaitē

Kopīga uzskaitē neļauj noteikt individuāla patērētāja elektroenerģijas patēriņu. Individuāla patēriņa identificēšanu iespējams realizēt monitorējot strāvas sadalījumu starp patērētājiem (4) vai patērētāju elektrisko pretestību monitoringu (5).

Patērēto elektorenerģiju nosaka zināmā izteiksme (3):

$$W = P \times T = I \times U \times T = \frac{U^2}{R} \times T, \quad (3)$$

kur W - elektroenerģija, Wh,
 P - patērētāja jauda, W,
 T - laiks, kurā tiek patērēta jauda P , h,
 I - patērētāja strāva, A,
 U - patērētāja spriegums, V,
 R - patērētāja aktīvā pretestība, Ω .

Spriegums un laiks visiem patērētājiem ir vienādi lielumi. Tad katra patērētāja patērētās enerģijas attiecība pret kopējo patēriņu nosaka strāvu sadalījums:

$$I_1/I_{\text{sum}} + I_2/I_{\text{sum}} + \dots + I_N/I_{\text{sum}} = 1, \quad (4)$$

kur I_1, I_2, \dots, I_N ir katra patērētāja strāva,
 I_{sum} - kopējā strāva elektroenerģijas uzskaites ierīcē.

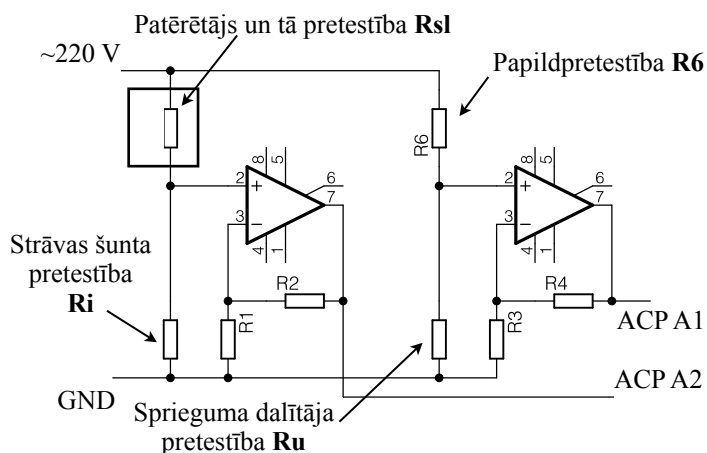
Savukārt, katra patērētāja strāvu nosaka tā aktīvā pretestība. Tad patērētās enerģijas sadalījums ir atkarīgs no patērētāju pretestībām:

$$1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_N = 1/R_{\text{sum}}, \quad (5)$$

kur R_1, R_2, \dots, R_N ir katra aktīvā pretestība,
 R_{sum} - elektroenerģijas uzskaites ierīcei pieslēgtā kopējā pretestība.

Katra patērētāja pretestības mērīšanai izmanto speciālas konstrukcijas devēju, precīzu zemas cenas pretestību R_6 un mērīšanas shēmu (11. attēls).

Shēmā izmanto divus neinvertējošus operacionālos pastiprinātājus LM358, kuri pastiprina sprieguma kritumus uz devēja pretestībām R_1 un R_U . Sprieguma kritumi ir atkarīgi no slodzes strāvas, maiņstrāvas tīkla sprieguma un darba temperatūras. Aprēķinot sprieguma kritumu attiecību, temperatūras ietekme tiek izslēgta, ja R_1 un R_U atrodas vienādos apstākļos, ko nodrošina speciālas konstrukcijas devējs (12. attēls).



11.att.. Mērīšanas elektriskā shēma

Devējs ietver elektronisko elementu iespiesto plati 6 (15. attēls), uz kuras ceļiņā veidā ir izveidota strāvas devēja (šunta) pretestība 3. Pretēji pretestībai 3 atrodas uz sprieguma devēja iespiestās plates 7 izveidotā sprieguma devēja pretestība 4.

Pretestības 3 (R_I) un 4 (R_U) ir mehāniski cieši fiksētas kopā, starp tām atrodas plāns, siltumu vadošs, elektroizolējošs starpslānis 6. Pretestības R_I un R_U ir izgatavotas no vienāda materiāla (vara folija) ar vienādu pretestības temperatūras koeficientu. Konstrukcija nodrošina praktiski vienādu pretestību R_I un R_U darba temperatūru t . Savukārt R_I/R_U attiecību nosaka konstruktīvie izmēri un tā ir nemainīga.

Pretestības R_{sl} , R_6 , R_I un R_U veido pretestību tiltu, kurā attiecību U_I/U_U apraksta izteiksme (6):

$$\frac{U_I}{U_U} = \frac{1}{R_{sl}} \times \frac{R_I}{R_U} \times R_6, \quad (6)$$

kur U_I - sprieguma kritums uz pretestības R_I ,
 U_U - sprieguma kritums uz pretestības R_U ,
 R_{sl} - patērētāja elektriskā pretestība.

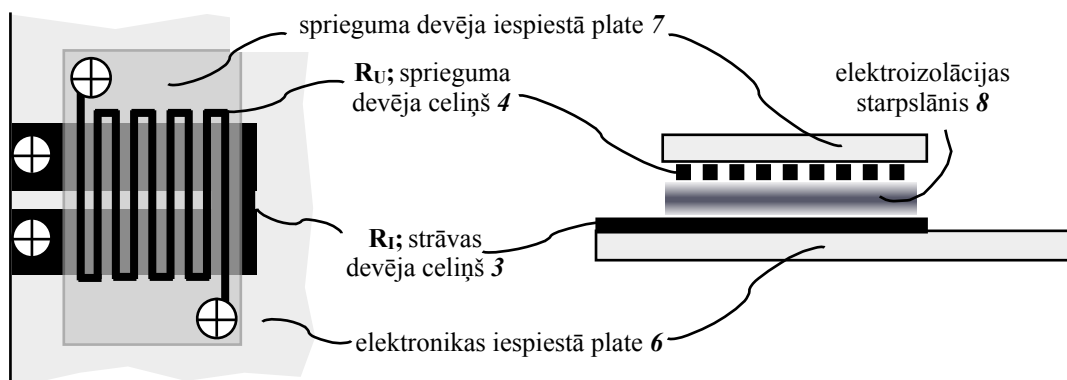
Apvienojot izteiksmes (6) daļu $R_I \times R_6 / R_U = K$, izteiksme (5) pārveidojas izteiksmē (7):

$$\frac{1}{K} \times \left(\frac{U_{I1}}{U_{U1}} + \frac{U_{I2}}{U_{U2}} + \dots + \frac{U_{IN}}{U_{UN}} \right) = \frac{1}{R_{sum}}, \quad (7)$$

kur $U_{I1}, U_{I2}, \dots, U_{IN}$ - atbilstošās U_I vērtības katram patērētājam,
 $U_{U1}, U_{U2}, \dots, U_{UN}$ - atbilstošās U_U vērtības katram patērētājam,
 K - koeficients, kuru nosaka kā $R_I \times R_6 / R_U$.

Papildinot izteiksmi (7) ar kopējās strāvas I_{sum} un sprieguma U_{sum} vērtībām elektroenerģijas uzskaites ierīcē, iegūst izteiksmi (8):

$$\frac{U_{I1}}{U_{U1}} + \frac{U_{I2}}{U_{U2}} + \dots + \frac{U_{IN}}{U_{UN}} = \frac{I_{sum}}{U_{sum}} \times K. \quad (8)$$



12. att. Devēja konstrukcija

Katra patērētāja patēriņa daļu kopējā patēriņā nodrošina attiecību U_U/U_I monitorings (8) reālā laikā. Šo izmanto elektroenerģijas patēriņa monitoringa sistēmā.

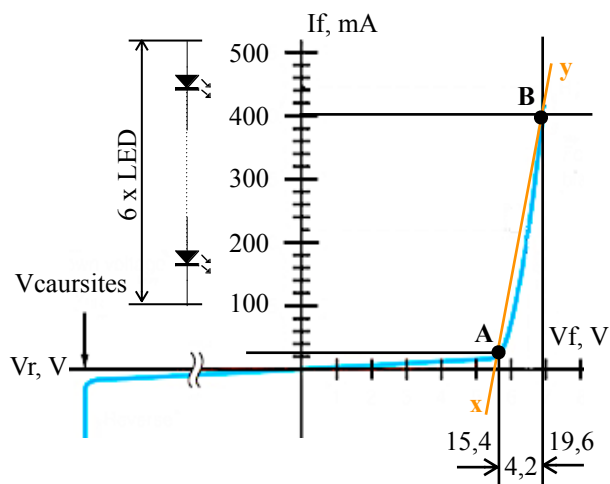
Izstrādātā termokompensētā šunta galvenās priekšrocības ir temperatūras stabilitāte, iespēja izmantot patērētāja strāvu mērīšanai līdz 10A un vairāk, saglabājot nelielus izmērus, ka arī zemās izgatavošanas izmaksas.

4. nodaļa EIBMVS EKSPERIMENTĀLIE PĒTĪJUMI

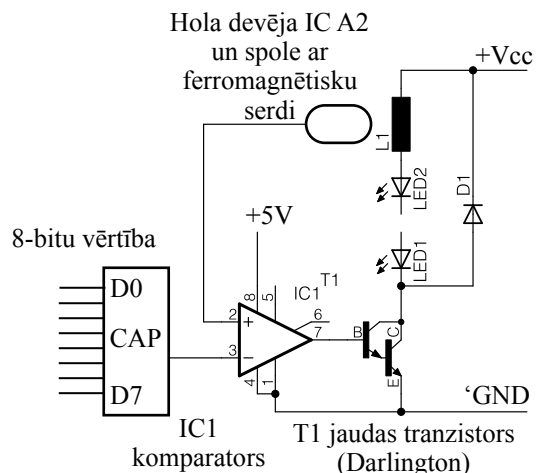
4.1. Apgaismes sistēmas

Apgaismes sistēmu uzdevums ir nodrošināt cilvēka redzei atbilstošu apgaismojuma līmeni. LED gaismekļiem, līdzīgi kā pazīstamajām kvēlspuldzēm, ir iespējams izmantot regulēt apgaismojuma līmeni regulējot LED strāvu.

LED virknes (6 gb. LED virknes slēgumā) volt-ampēru raksturlīkne ir līdzīga p-n pārejas volt-ampēru raksturlīknei (13. attēls).

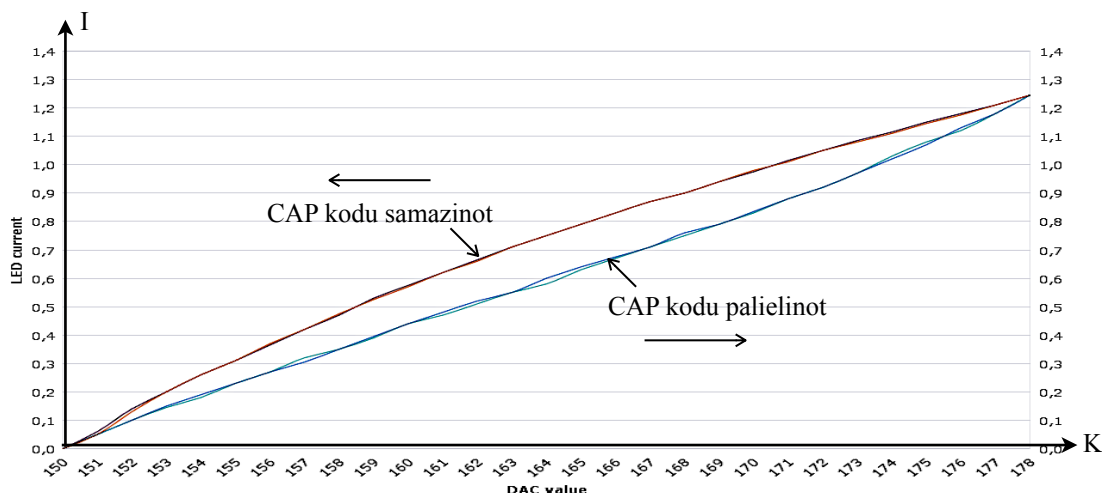


13. att. 6 gb. LED virknes volt-ampēru raksturlīkne



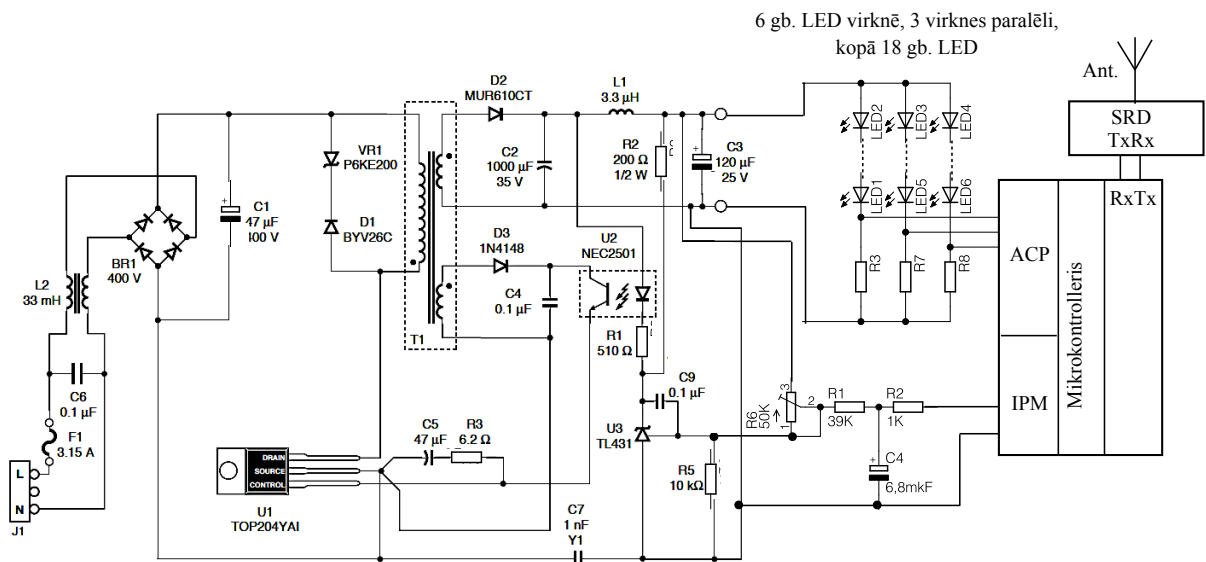
14. att. Strāvas regulatora vienkāršots shematiskais risinājums

LED strāvu nosaka ar EIBMVS starpniecību noteiktā 8-bitu vērtība CAP ieejā. Strāvas stabilizatorā (14. attēls) izmantots bezkontakta Hola magnētiskās plūsmas vērtības devējs, kas ievietots spolē ar ferromagnētisku serdi. Regulatora raksturlīkne (15.attēls) attēlo serdes magnetizācijas līknes ietekmi un šāda regulatora nepiemērotību EIBMVS - vienai koda vērtībai atbilst divas strāvas vērtības.



15. att. LED strāvas I - binārā koda K grafiks, K- binārā koda decimālā vērtība CAP ieejā

Efektīva un EIBMVS piemērota LED gaismekļa gaismmaiņa shēma ir attēlota 16.attēlā, kura ir SMPS shēma, modificēta vadībai ar IPM.

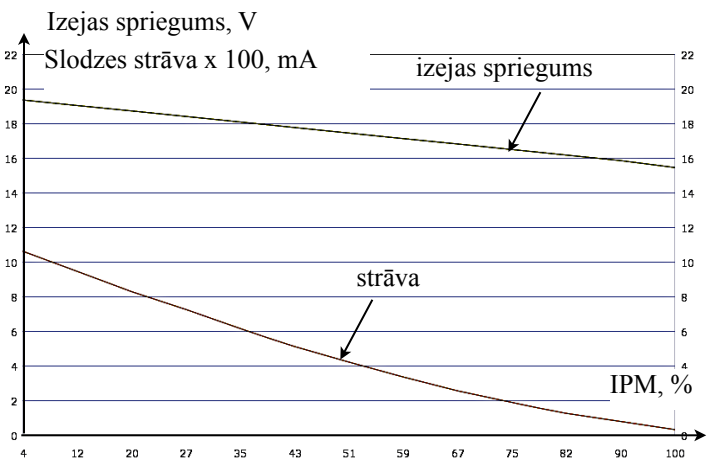


16. att. SMPS shēma izejas sprieguma regulēšanai ar IPM, strāvas stabilizāciju, mikrokontrolera vadību un SRD BV - EIBMVS

Barošanas avotu veido integrālā shēma U1 (TOP204) ar izejas sprieguma stabilizāciju, kuru nodrošina šunta tipa sprieguma stabilizatora U3 (TL431) iedarbība uz U1. Barošanas avotam ir *flyback* darbības princips. Šī ražotāja ieteiktā shēma ir modificēta ar mērķi mainīt izejas sprieguma vērtību ar mikrokontrolera ģenerētu IPM signālu. To nodrošina R1, R2, C4 elementu slēgums. IPM aizpildījumu iespējams vadīt izmantojot SRD BV datu apmaiņu.

Mikrokontroleris nodrošina arī strāvas stabilizatora funkciju, ar integrēto ACP nolasot strāvas vērtības LED virknēs (sprieguma kritumi uz R3, R7, R8) un attiecīgi mainot IPM aizpildījumu.

Izmantojot dalījumu 1/255 diapazonā 15,4-19,6 V (14. attēls), aprakstītā barošanas avota raksturlīknes ir attēlotas 17. attēlā. Mērījumu rezultātā aprēķinātā barošanas avota efektivitāte ir 0,81-0,87, ja slodzes strāvas ir 0,08-1,1 A diapazonā.



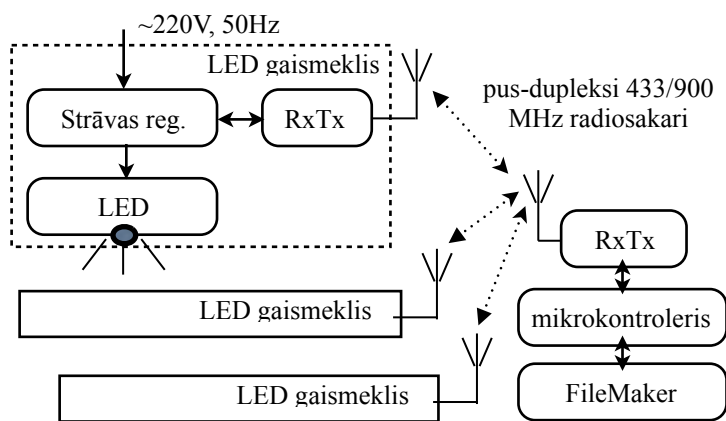
17. att. Modificētā barošanas avota raksturlīknes LED slodze: 6 LED virknē +2 Ω papildpretestība, 3 virknes paralēli

Kopējās gaismekļa jaudas un uzticamības paaugstināšanai, izmanto trīs vienādus barošanas avotus ar kopēju vadību (kopējs mikrokontroleris un SRD raiduztvērējs). Palielinot gaismekļa jaudu virs 75 W, nepieciešams izmantot jaudas koeficienta korekciju.

LED gaismekļu vadības EIBMVS ir realizēta ar 900 MHz ZigBee un ar 433 MHz SRD raiduztvērējiem zvaigznes tīklā (18. attēls). EIBMVS vadība realizēta ar datorprogrammas "FileMaker" datu bāzi.

ZigBee versijā datu apmaiņas laiks pārsniedz maksimālo reāla laika EIBMVS vērtību. Laika aizture vidēji ir 220 ms zemā datu pārraides ātruma (9600bps) dēļ.

SRD versija ar tādu pašu datu apmaiņas ātrumu iekļaujas reālā laika EIBMVS kritērijos īsākās pārraidāmās datu paketes dēļ (83 ms).



18. att. LED gaismekļu vadības radiofrekvenču tīkls

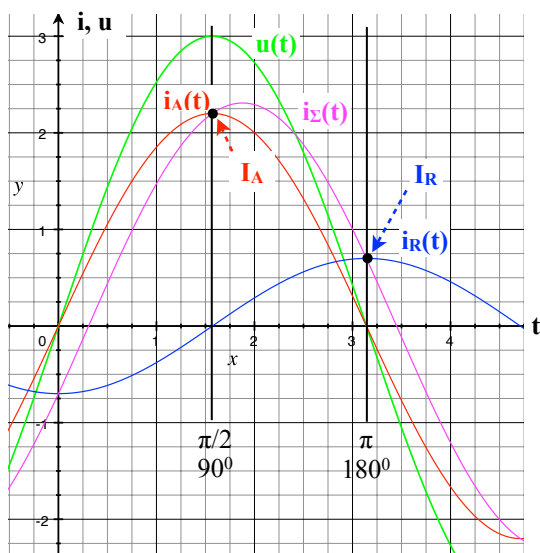
LED gaismekļu barošanas avoti ar ievērojamu regulēšanas histerēzes cilpu, piemēram iepriekš aprakstītais regulators ar Hola devēju, nav piemēroti integrēšanai EIBMVS.

Izstrādātais paņēmieni stabilizēta sprieguma barošanas avota vadībai ar IPM, ir viegli integrējams EIBMVS.

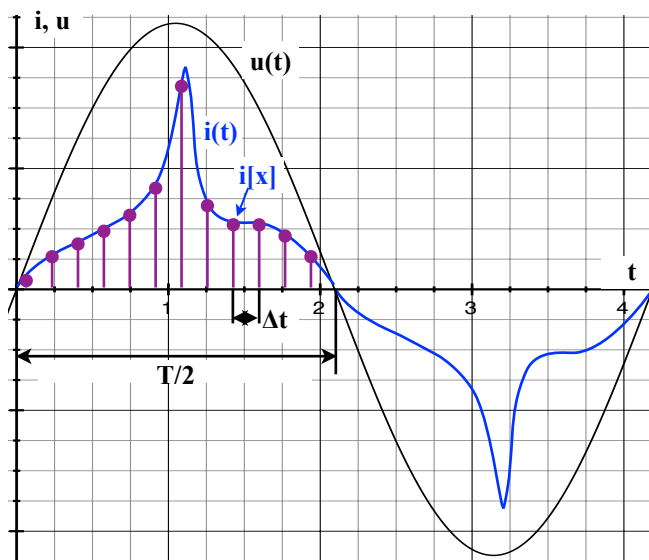
4.2. Patērētāju elektroiekārtu enerģijas patēriņa monitoringa sistēma

Elektroenerģijas patēriņu raksturo patērētāja strāva (3), (4). Patēriņa monitoringam iespējams veidot EIBMVS gan viedtīklu kontekstā, gan kā neatkarīgus risinājumus.

Patērētāja sinusoidālas slodzes strāvas gadījumā patērētāja slodzes strāvas aktīvās komponentes amplitūdas vērtību iegūst momentos, kad spriegumam ir amplitūdas vērtība - perioda punktā $\pi/2$ vai 90^0 (19. attēls).



19. att. Sinusoidāla sprieguma, aktīvās, reaktīvās un kopējās strāvas grafiks



20. att. Patērētāja strāvas momentāno diskrētās vērtības

Nesinusoidālas strāvas gadījumā izmanto zināmo strāvas diskrēto vērtību iegūšanu (20. attēls) un sekojošu matemātisko apstrādi mikrokontrollera programmā.

BV moduļiem ZR7AZ un ZF-1 (21. attēls) ir specifiskas īpašības un parametri, kuras izriet no to pamatzudevuma - darbība signalizācijas sistēmās, 433 MHz nesēja frekvencē:

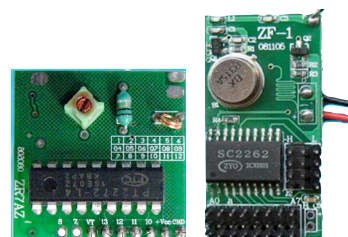
- datu pārraides ātrums nepārsniedz 31,25 kHz,
- datu kodu no raidītāja uz uztvērēju nosūta divreiz (ticamības dēļ), radot 150-200 ms aizturi (2. tabula).

4-bitu lineāra datu pārvade nodrošina precizitāti 6,25% (1/16), kas pārsniedz plānoto 2% precizitāti.

6-bitu lineāra datu pārvade atsevišķi pārraidot jaunākos 3 bitus un vecākos 3 bitus, nodrošina precizitāti 1,56% (1/64).

Patērētāju elektroenerģijas patēriņu monitoringu veic izmantojot 3.2. punktā aprakstīto termokompensēto šuntu.

Aprakstītā izstrāde nodrošina zemas monitoringa sistēmas izmaksas 8-10 un vairāk patērētāju gadījumā, ja tiem ir kopēja patēriņa uzskaitē.



ZR7AZ raidītājs ZF-1

21. att. SDR raidīšanas - uztveršanas moduļi

4.3. EIBMVS bezvadu jaudas pārvades sistēmā

Lai nodrošinātu dažādu sensoru un izpildmehānismu elektrobarošanu, kuri atrodas uz kustīga vai rotējoša mehāniska savienojuma kustīgās daļās, piemēram uz servo vai soļu dzinēja ass, vai robotikas sistēmu rotējošās daļas, plaši pielietotās vadu cilpas nevar izmantot, ja kustība ir 360° un vairāk.

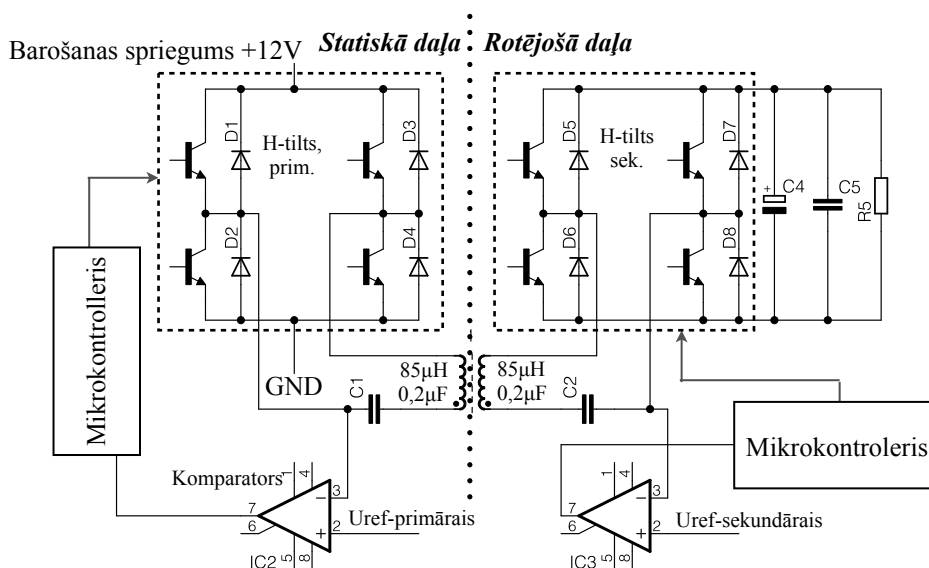
Papildus zināmajiem risinājumiem, enerģijas pārvadi nodrošina divu induktīvi saistītu rezonanses kontūru sistēma (23. attēls). Induktivitātes veido bezserdes transformators (22. attēls).

Primārais H-tilts ģenerē 31,5 kHz maiņstrāvu primārā virknes rezonanses ķēdē (kontūrā).

Strāva primārā kontūrā inducē maiņstrāvu



22. att. Kontūru induktivitātes



23. att. Sistēmas blokhēma apvienotai BV datu un jaudas pārvadei

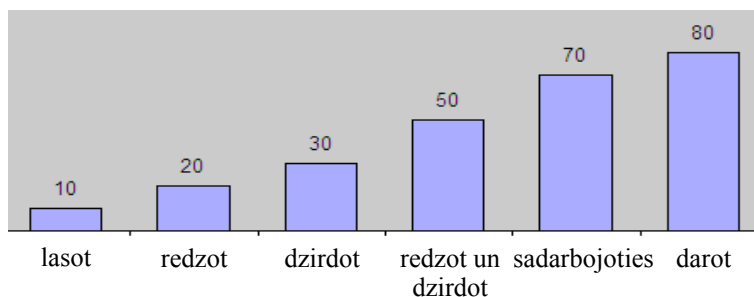
sekundārā kontūrā, kuru taisngriež ar sekundārā H-tilta tranzistorus šuntējošām diodēm un pārvadīto enerģiju uzkrāj elektrolītiskā kondensatorā C4.

Primāro un sekundāro H-tiltus modulē ar pārraidāmajiem datiem. Datu pārraides ātrums ir 14400 bps un to saņemšanas aizture no sekundārās daļas ir 48 ms. Jaudas pārvades līderība nepārsniedz 78% un ir atkarīga no pārraidāmo datu baitā ietvertās informācijas.

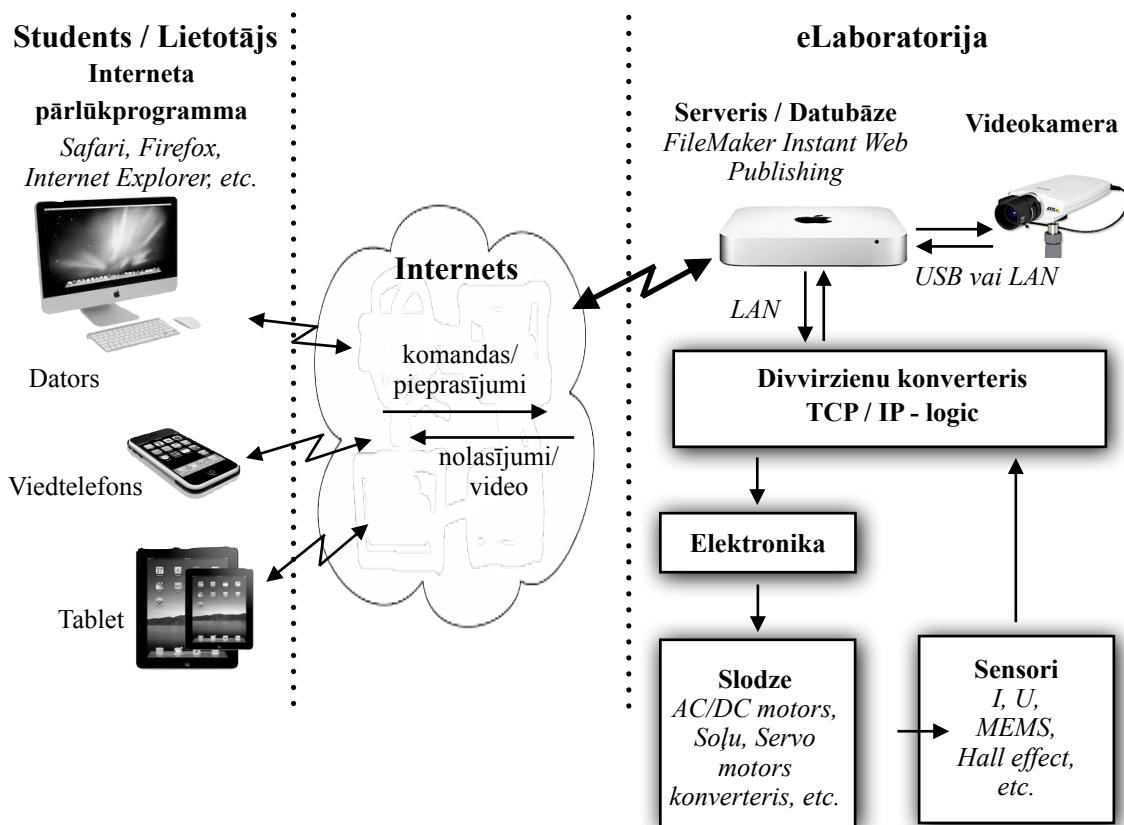
Izstrādātā sistēma ir pietiekoši komplicēta plašam pielietojumam, tādēļ tā ir piemērota gadījumos, kad citi risinājumi nenodrošina nepieciešamo tehnisko rezultātu.

4.4. EIBMVS elektrotehnikas studijās

Elektrotehnoloģiju apgūvē nepieciešami daudzi praktiskie darbi. Tomēr, ierobežoto iespēju dēļ, studenti var praktizēt tikai dažas stundas nedēļā vai pat mazāk. Darbības nozīmīgums zināšanu radīšanas procesā ir attēlots 24. attēlā.



24. att. Zināšanu radīšana



5.1. att. eLaboratorijas struktūrshēma

eLaboratorijas koncepcijas mērķis ir ievērojami palielināt praktisko darbu īpatsvaru studiju procesā. Tās struktūrshēma ir parādīta 25. attēlā. eLaboratorijas iekārtu darbību un mērinstrumentu rādījumus iespējams vērot attālināti ar horizontāli-vertikāli pozicionējamas videokameras videoattēla palīdzību. Videokameras pozicionāšanu veic no studenta datora ar interneta vai FileMaker programmu palīdzību.

Nolasījumus, aprēķinus un grafisko attēlojumu veic FileMaker lietojumprogramma.

SECINĀJUMI

- * Izstrādāto elektrotehnoloģisko iekārtu bezvadu monitoringa un vadības sistēmu (EIBMVS) izpēte apstiprina iespēju pilnībā izslēgt elektrotehnoloģiskās iekārtas (EI) vadības un energoelektronikas daļu komunikācijas vadus gadījumos, kuros EIBMVS ienestās laika aiztures netraucē vai ir salāgojamas ar EI darbību.
- * Tiešās EIBMVS iespējams realizēt ar pilna duplexa analogi vai digitāli modulēta radiosignāla palīdzību.
- * Vienlaicīgu vairāku parametru monitoringu vai vairāku komandu EIBMVS iespējams realizēt ar nepilna vai pilna duplexa analogi vai digitāli modulēta radiosignāla palīdzību.
- * Tiešo un vienlaicīgu vairāku parametru monitoringu / vairāku komandu EIBMVS galvenie trūkumi ir zemā radiotraucējumu noturība, augstas izšķirtspējas zemo frekvenču joslu filtru nepieciešamība un neliels monitorējamo parametru dinamiskais diapazons <48 dB (<255:1).
- * Tiešās un vienlaicīgu vairāku parametru monitoringa / vairāku komandu EIBMVS nav iespējams realizēt izmantojot virknes datu komunikāciju un protokolus ienesto aiztures laiku dēļ.
- * Reāla laika EIBMVS iespējams realizēt ar nepilna duplexa virknes datu radioviļņu komunikācijas moduļiem. Komunikācijas distance nepārsniedz 100 m.
- * Reālā laika EIBMVS praktiski nav iespējams realizēt ar ZigBee/XBee protokola moduļiem, jo laika aizture pārsniedz 180 ms.
- * Vispārējās EIBMVS iespējams realizēt ar jebkura veida komunikācijas moduļiem un protokoliem, jo ienestā laika aizture ir maznozīmīga, salīdzinot ar kopējo procesa laiku.
- * Parametra vērtības devēji ar histerēzes cilpu veido duālu vērtību izejā un ir nepiemēroti integrēšanai EIBMVS.
- * Relāciju datu bāzes programma "FileMaker" ir piemērota reālā laika EIBMVS vadībai gan lokāli, gan attālināti un tās izmantošana samazina EIBMVS vadības izstrādāšanai nepieciešamo laiku par 30 - 50 %, atkarībā no konkrētā risinājuma.
- * Izstrādātais termokompensētais šunts samazina elektroenerģijas patēriņa monitoringa EIBMVS izmaksas par 50-60%, salīdzinot ar piedāvātajiem risinājumiem. Risinājums ir inovatīvs, ko apliecina starptautisks PCT patentēšanas iespēju atzinums.
- * Izstrādātais čūskveida kustības robota mezglis, kura elektropiedziņas vadībai izmanto EIBMVS, ļauj mainīt moduļu ķēdes profilu. Profila uzturēšanai nav nepieciešams papildus enerģijas patēriņš, piemēram elektromagnētiskās bremzes. Risinājums ir inovatīvs, ko apliecina starptautisks PCT patents.
- * Reālā laika un vispārējās EIBMVS vienkāršo elektrotehnikas studiju attālināto praktisko darbu veikšanai nepieciešamo iekārtu savstarpējo komunikāciju, kā arī to pieslēgumu globālajam publiskajam datu apmaiņas tīklam - internetam.

PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

1. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Robotic snake-like movement device, WO 2012/059791 A1, International Publication Date 10.05.2012, Foral Patent Office, PCT Patents
2. Apse-Apsītis P., Avotins A., Krievs O., Ribickis L., Practically oriented e-learning workshop for knowledge improvement in engineering education computer control of electrical technology, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE, 17-20 April 2012, Marrakech, Morocco, Conference Publications, ISSN : 2165-9559, p.592-596
3. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Low Cost Energy Monitoring Method with Wireless ICT, Annual 17th International Scientific Conference "Research for Rural Development 2011" Proceedings, (Volume 1), LLU, Jelgava, Latvia, 2011, ISSN1691-4031, p.202-208.
4. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Concept of Low-Cost Energy Monitoring System for household Application, Proceedings ELMAR-2011, Zadar, Croatia, ISBN: 978-953-7044-12-1., p.149-152
5. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Riga Technical university, SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING REAL POWER CONSUMPTION, PCT/IB2011/055838, 21 December 2011, Foral Patent Office, Patenta pieteikums.
6. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Wirelessly controlled LED lighting system, 2nd IEEE ENERGYCON Conference & Exhibition, 2012 - ICT for Energy, September 9-12 2012, Florence, Italy. Proceedings, p.1015-1019
7. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Zakis J., Development of Energy Monitoring System for Smart Grid Application, 3rd IFIP WG 5.5/SOSOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2012, Costa de Caparica, Portugal, 2012 Proceedings, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, ISSN 1868-4238, ISBN 978-3-642-28254-6, p. 347.-354.
8. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Self-tuning CORE-less serial Resonant DC/DC Converter for Powering Loads on Rotating Shafts, 16th International Conference ELECTRONICS'2012, Palanga, Lithuania, 2012, presentation, publication in The journal "Electronics and Electrical Engineering" on February 2013, ISSN: 2029-5731
9. Apse-Apsītis P., CANbus elements in robotic snake-like movement device control, 10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering, Pärnu, Estonia, January 10-15, 2011, p.42-45.
10. Apse-Apsītis P., FileMaker – Schedules, Gantt chart, graphs etc., internetā: <http://www.hierarchy.lv/?p=9>
11. Апсе-Апситис П.Э., Север Г.Я., Устройство задержки, Авторәпиесїба Nr. 706931, pieteikta 07.07.79, publicēta 30.12.79,

12. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Household Energy Consumption Monitoring, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.61
13. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Mobile Field Robotic Platform Positioning, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.72
14. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Levcenkovs A., Gorobecs M., Embedded ICT for Railway Safety, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.78.
15. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Remote Workshop for Practical Knowledge Improvement in Electrical Engineering Education, International Conference “Interactive Collaborative Learning” ICL 2012, 28-28 , conference CD, Contribution 205, 28-28 September 2012
16. Apse-Apsītis P., Avotins A., Concept of Wireless Based Electrical Energy Monitoring System, 7th International conference-workshop “Compability and Power Electronics CPE 2011”, Student workshop, Tallin 2011, Proceedings, ISBN 978-9985-69-050-5, p.90-94

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Robotic snake-like movement device, WO 2012/059791 A1, International Publication Date 10.05.2012, Foral Patent Office, LV, PCT Patents
2. Apse-Apsītis P., Avotins A., Krievs O., Ribickis L., Practically oriented e-learning workshop for knowledge improvement in engineering education computer control of electrical technology, Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE, 17-20 April 2012, Marrakech, Morocco, Conference Publications, ISSN : 2165-9559, p.592-596
3. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Low Cost Energy Monitoring Method with Wireless ICT, Annual 17th International Scientific Conference "Research for Rural Development 2011" Proceedings, (Volume 1), LLU, Jelgava, Latvia, 2011, ISSN1691-4031, p.202-208.
4. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Concept of Low-Cost Energy Monitoring System for household Application, Proceedings ELMAR-2011, Zadar, Croatia, ISBN: 978-953-7044-12-1., p.149-152
5. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Riga Technical university, SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING REAL POWER CONSUMPTION, PCT/IB2011/055838, 21 December 2011, Foral Patent Office, LV, Patenta pieteikums.
6. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Wirelessly controlled LED lighting system, 2nd IEEE ENERGYCON Conference & Exhibition, 2012 - ICT for Energy, September 9-12 2012, Florence, Italy. Proceedings, p.1015-1019
7. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Zakis J., Development of Energy Monitoring System for Smart Grid Application, 3rd IFIP WG 5.5/SOSOLNET Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, DoCEIS 2012, Costa de Caparica, Portugal, 2012 Proceedings, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, ISSN 1868-4238, ISBN 978-3-642-28254-6, p. 347.- 354.
8. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Self-tuning CORE-less serial Resonant DC/DC Converter for Powering Loads on Rotating Shafts, 16th International Conference ELECTRONICS'2012, Palanga, Lithuania, 2012, presentation, publication in The journal "Electronics and Electrical Engineering" on February 2013, ISSN: 2029-5731
9. Apse-Apsītis P., CANbus elements in robotic snake-like movement device control, 10th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering, Pärnu, Estonia, January 10-15, 2011, p.42-45.
10. Apse-Apsītis P., FileMaker – Schedules, Gantt chart, graphs etc., internetā: <http://www.hierarchy.lv/?p=9>
11. Апсе-Апситис П.Э., Север Г.Я., Устройство задержки, Авторское свидетельство СССР 706931, заявлено 07.07.79, опубликовано 30.12.79,
12. Add Control, Memory, Security, and Mixed-Signal Functions with a Single Contact, Application Note 3989, 2007, internetā: <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/3989>
13. Akam S., Con Ed Tests a 'Smart Grid' in Queens, The New York Times, 5.Aug. 2009, internetā: <http://cityroom.blogs.nytimes.com/2009/08/05/con-ed-tests-a-smart-grid-in-queens/>
14. Amplitude Shift Keying & Frequency Shift Keying, internetā: <http://www.ele.uri.edu/Courses/ele436/labs/ASKnFSK.pdf>
15. Arduino OneWire, internetā: <http://www.arduino.cc/playground/Learning/OneWire>
16. ARDUINO project, internetā: <http://arduino.cc/>
17. Barragán H., Hagman B., Brevig A., Wiring, internetā: <http://wiring.org.co/>
18. Bellman W.F., LIGHTING THE STAGE: Art and Practice, Third Edition, Chapter 4 –The Control Console, Broadway Press, Inc., Louisville Kentucky, 2001, ISBN 0-911747-40-0, pp. 55-71 internetā: <http://www.broadwaypress.com/PDFs/LTSpdfs/LTScontents.pdf>
19. Bluetooth Special Interest Group, internetā: <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx> un <https://www.bluetooth.org/apps/content/>
20. Bo-Tao Lon, Yim Shu Lee, Novel actively-clamped zero current switching Quasi resonant converters, Proceedings of IEEE International Symposium on circuits and systems, Vol.2, Honkong, 1997, pp.869-872.
21. Bourdeau L., Energy Efficient Buildings European Initiative, ECTP & E2BA Secretary General. 29.04.2009, pieejams: http://www.ectp.org/cws/params/ectp/download_files/36D928v2_E2BA_Brochure.pdf, 22. March 2011.
22. Buratti C., Martalò M., Ferrari G., Verdone R., Sensor Networks with IEEE 802.15.4 Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, ISBN 978-3-642-17489-6, internetā: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
23. C Tutorial, Coding Unit Programming Tutorials, internetā: <http://www.codingunit.com/c-tutorial-for-loop-while-loop-break-and-continue>
24. Carruthers J., Wireless Infrared Communications, Wiley Encyclopedia of Telecommunications, 2002, internets: <http://iss.bu.edu/jbc/Publications/jbc-bc1.pdf>
25. Certified FileMaker Developer, 24U software, internetā: <http://www.24usoftware.com/>
26. Chen, Chiouguey J., Modified Goertzel Algorithm in DTMF Detection Using the TMS320C80 DSP, Application Report, SPRA066, 1996, Texas Instruments, internetā: <http://www.ti.com/lit/an/spra066/spra066.pdf>
27. Chi M.T.H., Bassok M., Lewis M.W., Reinmann P., Glasser R., Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems, Cognitive Science, 13, 1989, p. 145-182
28. Collaborative e-learning and working online platform Claroline, internetā: <http://www.claroline.net/?lang=en>
29. Collins English Dictionary Desktop Edition, HarperCollins Publishers 1991, 1994, 1998, 2000, 2003, ISBN 0-00-716334-7
30. Constantinescu R., DTMF Remote control – A software DTMF decoder for PIC 16F87X, 2003, internetā: <http://dtmf.voipintouch.net/content/dtmf.htm>
31. Controller Area Network (CAN), BOSCH, internetā: <http://www.semiconductors.bosch.de/en/ipmodules/can/can.asp>
32. Course Management System MOODLE, internetā: <http://moodle.org/>
33. Dale E., Audio-Visual Methods in Teaching, 3rd ed., Holt, Rinehart & Winston, New York, 1969, pp.107-108 ("Dale's Cone of Experience")
34. Dames A.N., Colby E.C., Current sensor, US Patent Nr:6414475 B1, 2 Jul 2002.
35. Daniel H.V., Puglia A., Puglia M., RFID: A Guide to Radio Frequency Identification, J.Wiley & Sons, 2007, ISBN-978-0-470-10764-5, p.214
36. DE-ACCM3D Buffered ±3g Tri-axis Accelerometer, Dimension engineering, internetā: <http://www.robotshop.com/PDF/DE-ACCM3D.pdf>

37. Digi International Inc., internetā: <http://www.digi.com/>
38. Felicia Contactless Card technology, SONY, internetā: <http://www.sony.net/Products/felica/>
39. FileMaker Inc., internetā: <http://www.filemaker.com>
40. Fingertip Reaction Time, The Physics Factbook, Edited by Glenn Elert, internetā: <http://hypertextbook.com/facts/2006/reactiontime.shtml>
41. Finkensteller K., RFID Handbook, 3rd Edition, John Wiley and Sons, Ltd., 2010, ISBN 978-0-470-69506-7, p.478
internetā: http://www.rfid-handbook.de/rfid/types_of_rfid.html
42. Furlani E.P., Permanent Magnet and Electromechanical Devices, London: Academic Press, 2001, ISBN 0-12-269951-3, p.518
43. GENI PROJECT, SMART WIRE GRID - DISTRIBUTED POWER FLOW CONTROL, Advanced Research Projects Agency, US Department of Energy, 2012, internetā: http://arpa-e.energy.gov/Portals/0/Documents/FundedProjects/GENI%20Slicks/Smart_Wire%20Grid_Final.pdf
44. Global Positioning System, DMOZ Open Directory Project, internetā: http://www.dmoz.org/Science/Earth_Sciences/Geomatics/Global_Positioning_System/
45. Goertzel, G., "An Algorithm for the Evaluation of Finite Trigonometric Series", American Mathematical Monthly 65 (1): 34–35, January 1958, DOI:10.2307/2310304
46. Haynes H.D., Akerman M.A., Baylor V.M., Ultrasonic Communication Project, Phase 1, FY 1999, internetā: <http://www1.y12.doe.gov/search/library/documents/pdf/ynsp-252.pdf>
47. HOPE Electronics Co, Ltd., internetā: <http://www.hoperf.com>
48. HTML5 Tutorial, w3schools, internetā: <http://www.w3schools.com/html5/default.asp>
49. Hughes D., Research in Wireless Telegraphy, The Electrician, Volume 43, 1899, pp.35, 40-41, internetā: <http://www.physics.princeton.edu/~trothman/electrician.pdf>
50. Hughes D.E., U.S. Patent 22,531 Duplex Telegraph issued January 4, 1859
51. Hunn N., Essentials of Short-range Wireless, Cambridge University press, 2010, ISBN 978 -0-521-76069-0, p.344
52. IEEE 802.22 Working Group on Wireless Regional Area Networks, internetā: <http://www.ieee802.org/22/>
53. IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™, internetā: http://ieee802.org/16/docs/02/C80216-02_05.pdf
54. IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems, 802.15.1-2002, internetā: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.1-2002.html>
55. International Society of Automation, internetā: <http://www.isa.org/>
56. Internet Archive "WayBack Machine", David Edward Hughes, internetā: <http://web.archive.org/web/20080422072443/http://people.clarkson.edu/~ekatz/scientists/hughes.html>
57. internetā: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39631E.pdf,226.lpp>
58. IR Receiver Modules for Remote Control Systems TSOP382xx, TSOP384xx, TSOP392xx, TSOP394xx, internetā: <http://www.vishay.com/docs/81733/tsop382.pdf>
59. ISA standard ANSI/ISA 100.11a-2011, internetā: http://www.techstreet.com/standards/isa/100_11a_2011?product_id=1820532
60. ISO/IEC 14443-1:2008 Identification cards -- Contactless integrated circuit cards -- Proximity cards, internetā: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39693
61. Kammer D., McNutt G., Senese B., Bluetooth Application Developer's Guide: The Short Range Interconnect Solution, Syngress Publishing, Inc., Rockland, USA ISBN: 1-928994-42-3, p.526
62. Kit 433 MHz Link Kit, Seed Open Hardware Facilitator, internetā: http://www.seeedstudio.com/depot/433mhz-rf-link-kit-p-127.html?cPath=139_140
63. Klein-Berndt L., A Quick Guide to AODV Routing, Wireless Communications Technologies Group, National Institute of Standards and Technology, internetā: http://w3.antd.nist.gov/wctg/aodv_kernel/aodv_guide.pdf
64. Korporācija Apple Inc., Apple Reports Second Quarter Results, Apple Press info, internetā: <http://www.apple.com/pr/library/2012/04/24Apple-Reports-Second-Quarter-Results.html>
65. Korporācija Apple Inc., AppleScript, internetā: <https://developer.apple.com/library/mac/#documentation/AppleScript/Conceptual/AppleScriptX/AppleScriptX.html>
66. Korporācija Apple Inc., iTunes, internetā: <http://www.apple.com/itunes/>
67. Korporācija Apple Inc., Mac mini, internetā: http://images.apple.com/environment/reports/docs/MacMini_PER_20110720.pdf
68. Licence-free White Space communications, Weightless SIG, internetā: <http://www.weightless.org/>
69. Liu K. H., Lee F. C., Quasi resonant converters topology and characteristics, IEEE Transactions on PE (1987), pp. 62-74.
70. LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A Dual Operational Amplifier, Fairchild Semiconductor, internetā: <http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM358A.pdf>
71. Losevs. A., Lineārās radioķēdes, "Zvaigzne", Rīga, 1975, 229. lpp.
72. LZA Terminoloģijas komisijas Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm, internetā <http://termini.lza.lv/term.php?term=Communications%20protocol&list=&lang=EN>
73. LZA Terminoloģijas komisijas Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm, internetā: <http://termini.lza.lv/term.php?term=nesējs&list=nesējs&lang=LV>
74. LZA Terminoloģijas komisijas Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm, internetā <http://termini.lza.lv/term.php?term=real%20time&list=&lang=EN>
75. LZA Terminoloģijas komisijas Akadēmiskā terminu datubāze AkadTerm, internetā: <http://termini.lza.lv/term.php?term=Dual%20Tone%20MultiFrequency%20signaling&list=Dual-tone&lang=EN>
76. Meier R., CoolTerm serial port terminal application, internetā: <http://freeware.the-meiers.org/>
77. Meshlium by Libelium, internetā: <http://www.libelium.com/products/meshlium>
78. Microchip Technology Inc., internetā: <http://www.microchip.com/>
79. Miller R.C., Electrical energy measuring multimeter, US Patent Application Nr:4257004, 17 Mar, 1981.
80. Morse Samuel F.B., Improvement in the Mode of Communicating Information by Signals by the Application of Electro-Magnetism, US patent 1647, 1840, internetā: <http://www.google.com/patents/id=Xx5AAAAAEB&printsec=abstract&zoom=4&dq=1647#v=onepage&q=1647&f=false>

81. MPEG-4 kodeks, internetā: <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>
82. NASA Science Laboratory "Curiosity", 2012, internetā: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html
83. NXP Semiconductors, Jennic, Application Note: JN-AN-1035, internetā: http://www.jennic.com/files/support_files/JN-AN-1035%20Calculating%20802-15-4%20Data%20Rates-1v0.pdf
84. O'Hara B., Petrick A., IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion, IEEE Press Publications, 2005, ISBN 0-7381-4449-5, p.360, internetā: <http://www.ieee802.org/11/index.shtml>
85. OSRAM Opto Semiconductors, Application Note "Street lighting with LED Light Sources", 2009, internetā: <http://catalog.osram-os.com/catalogue/catalogue.do?jsessionid=586AEDB8AEB5DE3A0644CC78BEC38BC1?act=showBookmark&favOid=0000000300012fdd018a00b7>
86. Oualline S., Practical C Programming, Third Edition, O'Reilly Media, 1997, p.215, ISBN 978-1-565-92305-5, internetā: <http://www.asciitable.com/>
87. Pfendler T., Current measurement shunt circuit for accurate measurement of currents in the range of milliamps to kiloamps, whereby the shunt resistance is thermally coupled to the current measurement circuit to provide temperature compensation, DE20021011117 20020314, Publication date: 25 Sept 2003.
88. Podlisk I., Rucareanu G., TEMPERATURE-COMPENSATED SHUNT CURRENT MEASUREMENT, US Patent Application Nr:20110089931, Filing date: 19 Oct 2009.
89. Power over Ethernet (POE) Products, SilverTel Telephony & Power Solution Modules, internetā: http://www.silvertel.com/poe_products.htm
90. Power-Integrations, internetā: <http://datasheet.octopart.com/TOP204YN-Power-Integrations-datasheet-12225.pdf>
91. Power-Over-Ethernet (PoE) Interface Controllers, Linear Technology Corporation, internetā: [http://www.linear.com/products/power-over-ethernet_\(poe\)_interface_controllers?gclid=CKfDv6TZgLECFZAvmAod2iA1Og](http://www.linear.com/products/power-over-ethernet_(poe)_interface_controllers?gclid=CKfDv6TZgLECFZAvmAod2iA1Og)
92. Schmidt W.H., Grundlagen Elektrotechnik, analoge Schaltungstechnik, Schaltnetzteile, Brennstoffzellen, internetā: http://schmidt-walter.eit.h-da.de/snt/snt_eng/snteng4b.pdf
93. Seeber B., Handbook of applied superconductivity. CRC Press, 1998, ISBN 978-0-7503-0377-4, pp. 1861–1862,
94. Shubert F., Light-Emitting Diodes, 2nd Edition, Cambridge University Press, New York, 2006, ISBN-13 978-0-521-86538-8, p.432
Osram Sylvania Corporation "Lumens and mesopic vision" Application Note FAQ0016-0297 (2000)
95. SmartGrid.gov Smart Grid and government-sponsored Smart Grid projects, internetā: <http://www.smartgrid.gov/>; <http://www.smartgridnews.com>
96. Stambaugh M., HARQ Process Boosts LTE Communications, Mobile Dev&Design, internetā: http://mobiledevdesign.com/standards_regulations/HARQ_Process_Boosts_LTE_Communications/index1.html
97. Tesla Nikola, "Method Of And Apparatus For Controlling Mechanism Of Moving Vessels Or Vehicles", US patent Nr 613,809, internetā: <http://www.keelynet.com/tesla/00613809.pdf>
98. TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator, Texas Instruments, internetā: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tp5089.pdf>
99. The American Heritage® Dictionary of the English Language, Fourth Edition copyright ©2000 by Houghton Mifflin Company. Updated in 2009.
100. The European Telecommunications Standards Institute, internetā: <http://www.etsi.org/Application/Search/?search=SRD>
101. The RFID Network, internetā: <http://rfid.net/basics/186-iso-rfid-standards-a-complete-list>
102. Time Division Duplex (TDD) vs Frequency Division Duplex (FDD) in Wireless Backhauls, Netkrom Technologies, internetā: http://www.netkrom.com/support/whitepapers/TDD_vs_FDD_in_wireless_backhaul_white_paper.pdf
103. TL431, TL431A, TL431B, TL432, TL432A, TL432B PRECISION PROGRAMMABLE REFERENCE, Texas Instruments, internetā: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl431.pdf>
104. Tomarakos J., The Relationship of Dynamic Range to Data Word Size in Digital Audio Processing, table1, EEtimes, 2002, internetā: <http://www.eetimes.com/design/analog-design/4018065/The-Relationship-of-Dynamic-Range-to-Data-Word-Size-in-Digital-Audio-Processing>
105. TOP204 15V switching power supply circuit, ElectroniqNet, internetā: <http://www.electroniq.net/power-supply/top204-15v-switching-power-supply-circuit.html>
106. Tranchard S., New ISO RFID standard will help trace products in the supply chain, ISO News, internetā: <http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1293>
107. United Nations agency ITU (International Telecommunication Union), internetā: <http://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>
108. Universal Powerline Bus. Pulse Works, internetā: http://pulseworx.com/UPB_.htm
109. Universal Serial Bus, USB Implementers Forum, Inc., internetā: <http://www.usb.org/>
110. Waspnote by Libelium internetā: <http://www.libelium.com/products/waspnote>
111. Waspnote by Libelium internetā: <http://www.libelium.com/products/waspnote>
112. WHAT IS THE SMART GRID?, SmartGrid.gov, internetā: http://www.smartgrid.gov/the_smart_grid#home
113. Wi-Fi Alliance, internetā: <http://www.wi-fi.org/>
114. WiMedia Alliance, internetā: <http://www.wimedia.org/en/index.asp>
115. Wireless Distributed technologies, Libelium, internetā: <http://www.libelium.com/company/about>
116. Wireless Transmitter, Wireless receiver, Shenzhen Zhianbao Electronics Co., Ltd., internetā: <http://zabdz.en.alibaba.com/productlist.html>
117. Wireless USB Specification Revision 1.1, USB Implementers Forum, Inc., internetā: <http://www.usb.org/developers/wusb/docs>
118. WirelessMAN, The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards internetā: <http://grouper.ieee.org/groups/802/16/>
119. Worldwide Wireless USB Host Adapter Reference Design Kit (AL5604), internetā: [http://book.architecture6.com/Worldwide-Wireless-USB-Host-Adapter-Reference-Design-Kit-\(AL5604\)-download-w82.pdf](http://book.architecture6.com/Worldwide-Wireless-USB-Host-Adapter-Reference-Design-Kit-(AL5604)-download-w82.pdf)
120. X-CTU Software, Digi International Inc. internetā: <http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352>
121. ZigBee Topologies, internetā: <http://www.jennic.com/elearning/zigbee/files/html/module2/module2-3.htm>
122. ZigBee Specifications, internetā: http://www.specifications.nl/zigbee/zigbee_UK.php
123. µModule Boost LED Driver and Current Source LTM8042/LTM8042-1, Linear Technology Corporation, internetā: <http://www.linear.com/product/LTM8042>

124. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Household Energy Consumption Monitoring, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.61
125. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Mobile Field Robotic Platform Positioning, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.72
126. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Levchenkova A., Gorobecs M., Embedded ICT for Railway Safety, Abstract book and Electronic Proceedings of The 52nd Annual International Scientific Conference of RTU, Section of Power Electrical Engineering, RTU Publishing House, Riga, 2011, ISBN 978-9934-10-210-3, p.78.
127. Apse-Apsītis P., Avotins A., Ribickis L., Remote Workshop for Practical Knowledge Improvement in Electrical Engineering Education, International Conference "Interactive Collaborative Learning" ICL 2012, 28-28 September 2012,
128. Apse-Apsītis P., Avotins A., Concept of Wireless Based Electrical Energy Monitoring System, 7th International conference-workshop "Compability and Power Electronics CPE 2011", Student workshop, Tallin 2011, Proceedings, ISBN 978-9985-69-050-5, p.90-94
129. Apse-Apsītis P., Ribickis L., Vairāku patērētāju elektroenerģijas patēriņa monitoringa metode, žurnāls "enerģija un pasaule", 2(67), 2010, ISSN 1407-5911, 86-87 lpp.
130. Apse P., Drošība bezvadu datu tīklos, žurnāls "e-pasaule", Data Media Group, Rīga, 09/2003, ISSN 1407-7299-09, 81- 83 lpp.
131. Apse P., Mobilie norēķini bankās, žurnāls "e-pasaule", Data Media Group, Rīga, 11/2003, ISSN 1407-7299-11, 36 - 37 lpp
132. Apse P., Bluetooth, WiFi un mikroviļņu krāsns, žurnāls "e-pasaule", Data Media Group, Rīga, 06/2004, ISSN 1407-7299-06, 76 lpp.
133. Apse P., IT maziem uzņēmumiem, žurnāls "e-pasaule", Data Media Group, Rīga, 10/2003, ISSN 1407-7299-10, 40 - 41 lpp.
134. Apse P., Informācija - statiska vai mobila, žurnāls "e-pasaule", Data Media Group, Rīga, 07/2003, ISSN 1407-7299-07, 44 - 46 lpp.