

ŠU, Technologijų fakultetas, Elektros inžinerijos katedra

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Aurimas Kniuras

**MAŽOSIOS HIDROENERGETIKOS VYSTYMO GALIMYBIŲ
TYRIMAS**

Magistro darbas

Vadovas

doc. E. V. Nevardauskas

ŠIAULIAI, 2009

ŠU, Technologijų fakultetas, Elektros inžinerijos katedra

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Tvirtinu

Katedros vedėjas

doc. dr. T. Šimkevičius

2009 06

**MAŽOSIOS HIDROENERGETIKOS VYSTYMO GALIMYBIŲ
TYRIMAS**

Magistro darbas

Vadovas

doc. E. V. Nevardauskas

(parašas)

2009 06

Recenzentas

doc. dr. T. Šimkevičius

(parašas)

2009 06

Atliko

EM-7gr.stud.

A. Kniuras

(parašas)

2009 06

ŠIAULIAI, 2009

Turinys

Summary.....	4
Paveikslų sąrašas	5
Lentelių sąrašas.....	6
Ižanga.....	7
2.LIETUVOS UPIŲ HIDROENERGETIKOS RESURŠŲ APŽVALGA.....	8
2.1 Mažųjų hidroelektrinių konstrukcijos.....	8
2.2 Lietuvos hidroresursai	11
2.3 Gamtosauginiai reikalavimai hidroenergetikoje.....	13
3. MAŽOS HIDROELEKTRINĖS GENERATORIAI.....	17
3.1 Generatorių, taikomų hidroelektrinėse, apžvalga ir savybės	17
3.2 Asinchroninio generatoriaus įrengimas ir eksploatavimas	20
3.3 Mažųjų hidroelektrinių principinės schemos.....	21
3.4 Nuo ko pradėti statant mažą hidroelektrinę	25
3.5 Generatoriaus parinkimo skaičiavimo pavyzdys	26
3.5 Hidroelektrinės atsipirkimo skaičiavimas.....	31
4. MAŽOSIOS HIDROELEKTRINĖS PRIJUNGIMO PRIE TINKLO VARIANTAI.....	33
4.1 Prijungimas prie žemosios įtampos tinklo.....	33
4.2 Apsauga nuo trumpųjų jungimų	35
4.3 Elektros apskaita.....	37
IŠVADOS:.....	41
LITERATŪRA:	42

Summary

The theme of Master project of Electrical engineer is The investigation of potentiality development of small hydro energetic. I think it is very important, because Lithuania is going to close Ignalina nuclear power station as it is required by the EU. Obviously, we are forced to find solution of energy shortage. One of the solutions are renewable energy sources.

Lithuania has potential power in rivers and it has opportunity to expand of small hydro energetic. But we have to admit, that nowadays a small hydro energetic is not expanding as fast as it could. In my Master project of electrical Engineer I show, how easy is to construct hydro power station, but hard to find a place, where station could be, to connect it with electricity networks for several reasons.

Paveikslų sąrašas

1 pav. Patvankos aukčiai.....	8
2 pav. Hidroelektrinė su atskira užtvanka.....	9
3 pav. Vaginė hidroelektrinė.....	9
4 pav. Derivacinė HE.....	10
5 pav. Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė	10
6 pav. Žuvų praleidimo takas	15
7. pav. Hidroelektrinės schema.....	17
8 pav. Hidrogeneratorius	18
9 pav. HE schemas: a-supaprastinta dviguboji schema su linijų jungimu prie šynų;b - supaprastinta dviguboji schema su transformatorių jungimu prie šynų; c-dvigubas tiltelis	22
10 pav. Mažųjų hidroelektrinių energijos konversijos struktūra.	24
11 pav. Upės skerspjūvio eskizas	27
12 pav. Pagamintos hidroelektrinėje ir parduotos į energetinę sistemą elektros energijos vertės.....	30
13 pav. Generatoriaus prijungimas prie žemosios įtampos tinklo.....	34

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Tiriamų upių charakteristikos	12
2 lentelė. Upių baseinų dydžių klasifikacija	13
3 lentelė. Turbinų darbas tam tikrame slėgių diapazone.	19
4 lentelė. Mūšos upės duomenys.	27
5 lentelė. Vandens tėkmės greičių ir apkrovų koeficientų vertės.	27
6 Lentelė. Upės ruožų greičiai, patvankos aukščiai, debitai, galios.	28
7 lentelė. Hidroelektrinės pagaminama galia.....	29
8 lentelė. HE pagaminamos ir į tinklą atiduotos energijos kiekiai per tam tikrą mėnesį.	29
9 lentelė. Pastatytos HE už 80000 litų atsipirkimo laikas.	32
10 lentelė. Pastatytos HE už 40000 litų atsipirkimo laikas.	33
11 lentelė. Iki 1,0 MW galios mažųjų generatorių elektrinės prijungimo taško matavimo prietaisams keliami metrologiniai reikalavimai.....	38
12 lentelė. Virš 1,0 MW galios mažųjų generatorių elektrinių prijungimo taško matavimo prietaisams keliami metrologiniai reikalavimai	38
13 lentelė. Duomenys, kurie turi būti perduodami iš prijungimo taško į operatoriaus dispečerinio valdymo punktą.....	39
14 lentelė. Duomenys, kurie turi būti perduodami tarp mažųjų generatorių elektrinės ir tinklo operatoriaus dispečerinio valdymo punkto į abi puses	39

Ižanga

Gamtos turtų racionalus naudojimas, kai nedaroma žalos gamtai, yra stimulas šalies gerovei. Turimi šalies vandens išteklių - brangus mūsų šalies turtas.

Nacionalinėje energetikos strategijoje numatyta, kad prireikus naujų galių, ekonominiu požiūriu patraukliausias bazinės elektros gamybos šaltinis būtų modulinės TE su dyzeliniais varikliais ar dujų turbinomis bei nauja dujų turbinų elektrinė. Tačiau dėl įtakos gamtinei aplinkai būtina įvertinti galimų HE konkurencingumą lyginant jas su kitomis elektrinėmis.

HE jau yra pranašesnės už kitas elektrines neįvertinus ekonomiškai:

1. Tai yra atsinaujinantis energijos šaltinis, juk organinis kuras vieną kartą baigsis.
2. Labai ilgas tarnavimo laikas, lengvas atnaujinimas bei modernizavimas.
3. Didina šalies ekonominę ir energetinę nepriklausomybę.
4. Gerina energetinės sistemos manevringumą.
5. Padeda kompleksiskai išnaudoti vandens išteklius.
6. Mažina atmosferos taršą.

HE taip pat turi ir neigiamą poveikį:

1. Pastatius užtvanką ant upės jos tekės parametrai ir nuotėkio kaitos laike pasikeičia. Tėkmės gylis tvenkinyje pasikeičia, t.y padidėja, o tekės greitis sumažėja, ko pasekoje pasikeičia flora ir fauna, pasikeičia gruntinio vandens režimas, augmenija ir mikroklimatas aplink pastatytą užtvanką.
2. Žemutiniame bjeje upės debitas tampa priklausomas nuo hidroelektrinės darbo režimo, t.y upės vaga yra plaunama, jos dugnas praranda pastovumą, tokios sąlygos yra nepakenčiamos žuvims ilgame upės ruože, jos labai sumažėja arba visai išnyksta.

Mažosios hidroelektrinės pagal aplinkos apsaugos normatyvą LANO 16-96 turi būti ne didesnės kaip 10 000 kW galios, jos dar suskirstytos į pogrupius: piko- jų galia iki 50kW, mikro- iki 500 kW ir mini- iki 2 000 kW, mažosioms hidrojėgainėms įrengti taikomos teisinės lengvatos: joms nereikia gauti valstybės koncesijos. Pakanka gauti tik leidimą naudoti valstybės vandens išteklius hidroenerzijai gauti.

Dar paprasčiau galima įrengti elektrinę iki 500 kW, joms taikomos aplinkosaugos lengvatos, pakanka paruošti tik trumpą įtakos aplinkai pažymą. Paprastai mažosioms hidroelektrinėms naudojami tipiniai projektai, unifikuotos schemas ir standartiniai arba nagingų meistrų pagaminti įrenginiai. MHE dabar gali būti ekonomiškos ir rentabilios, kai jose naudojami modernūs įrenginiai ir pažangios technologijos. Tai ypatingai būdinga įrengiant jas prie veikiančių tvenkinių.

Nors gamtinės sąlygos šalyje nėra labai palankios hidroenergetikos plėtrai (lygumų kalvotas reljefas), mažoji hidroenergetika Lietuvoje 1990-1999m. padvigubėjo, 2001-2005 m. patrigubėjo. 2006 m. visos mažosios HE pagamino 55 mln. kW. 2007 m. pradžioje veikė 83 mažosios HE, jų bendra instaliuota galia 25MW.

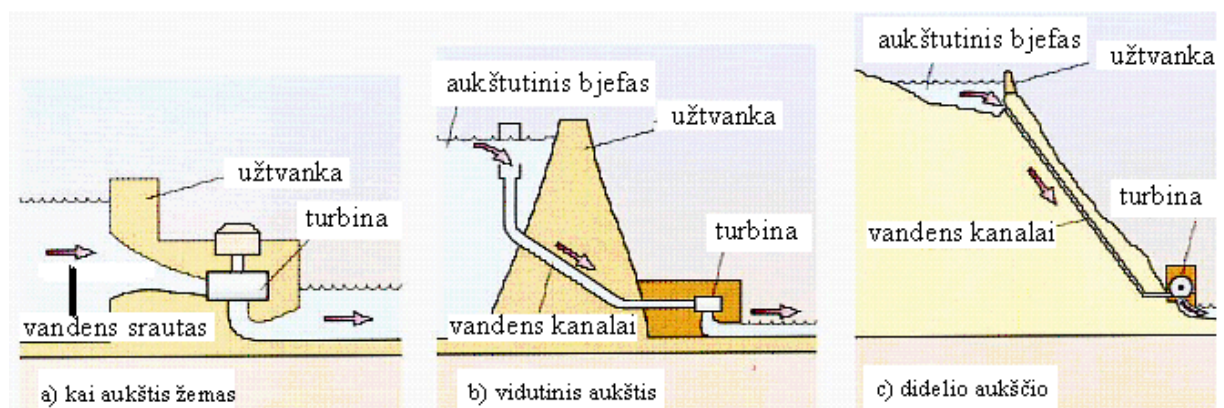
Šiuo magistriniu darbu mėginsiu išsiaiškinti mažosios hidroenergetikos vystimosi galimybes, palyginti jas su kitomis elektrinėmis, išsiaiškinti kokius upių resursus turi mūsų šalis, kokie yra gamtosauuginiai reikalavimai hidroenergetikoje, generatoriai, kokie yra hidroelektrinės prijungimo prie tinklo variantai.

2.LIETUVOS UPIŲ HIDROENERGETIKOS RESURSŲ APŽVALGA

2.1 Mažųjų hidroelektrinių konstrukcijos

HE hidrotechninių įrenginių paskirtis- sudaryti reikiamą patvanką ir tiekti vandenį turbinoms. HE gali būti mažosios iki 10 MW, vidutinės- 10÷2500 MW, didelės daugiau kaip 2500 MW.

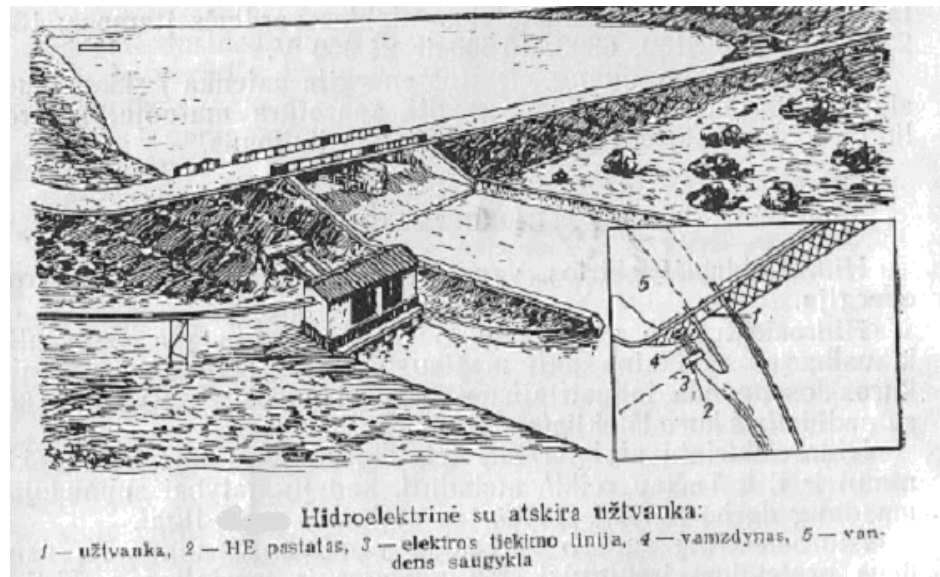
Pagal patvankos aukštį jos taip pat skirstomos į didelio ($H > 60$ m), vidutinio ($H = 25 \div 60$ m), mažo ($H = 3 \div 25$ m).



1 pav. Patvankos aukčiai

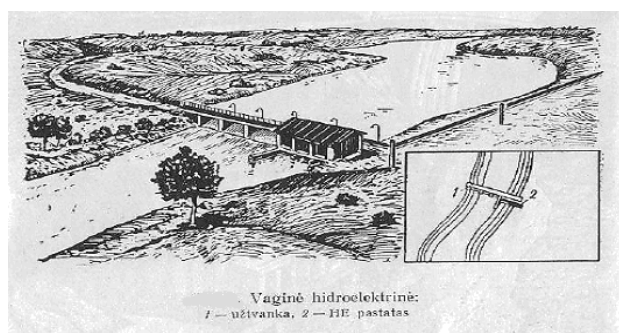
Tačiau pagrindinė klasifikacija yra pagal vandens naudojimo schemą: su atskira užtvanka, vaginės, derivacinės, potvynių atoslūgių, hidroakumuliacinės, mišrios.

Hidroelektrinės su atskira užtvanka (2 pav.) sudaroma dirbtinai vandens lygį pakeliant užtvanka, kuri įrengiama skersai upės vagos. HE pastatas yra prie užtvankos, kurį galime įrengti tik tais atvejais, kai vietinėmis sąlygomis galima statyti užtvanką reikiamai saugykiai sudaryti, neužtvindant pernelyg didelės teritorijos.



2 pav. Hidroelektrinė su atskira užtvanka

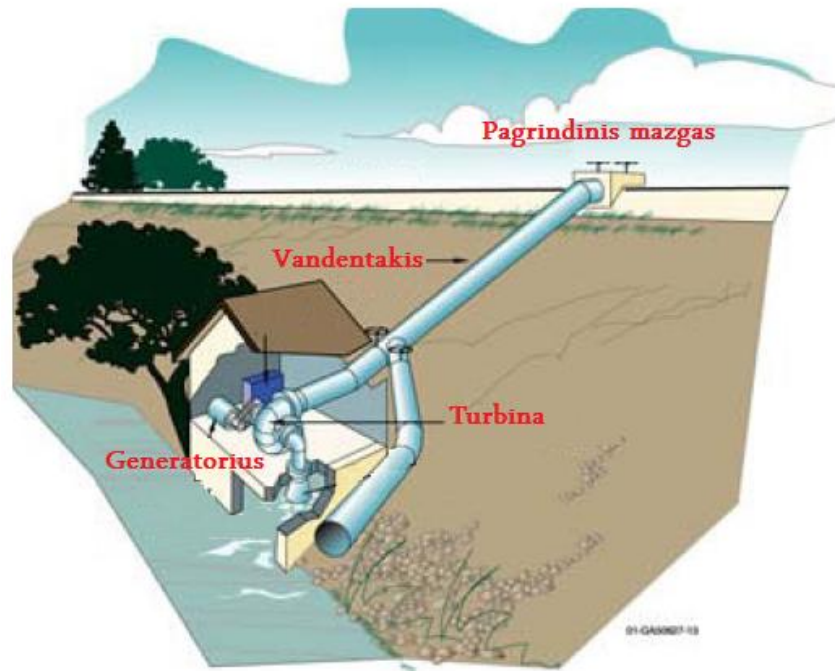
Vaginėse (upinėse) hidroelektrinėse reikiamas vandens aukštis sudaromas, dirbtinai pakeliant vandens lygį užtvanka ir HE pastatu, kuris paprastai yra užtvankos tąsa ir įrengiamas skersai upės vagos (3 pav.). Vaginės HE statomos prie lygumos upių, turinčių plačią salpą, mažą nuolydį ir gilią vagą.



3 pav. Vaginė hidroelektrinė

Derivacinėse hidroelektrinėse patvankos aukštis sudaromas derivacija, t.y. nuvedant vandenį iš upės vagos vandentakiu (kanalu, tuneliu, arba vamzdynu) į kitą upės vietą, kuri yra

žemiau už pirminio vandens paėmimo vietą. Derivacinę hidroelektrinę sudaro trys įrenginiai: pagrindinis mazgas, kuris paima vandenį, derivacija- vandentakis ir hidroelektrinės dalis, kurioje vanduo paverčiamas elektros energija.



4 pav. Derivacinė HE



5 pav. Kruonio hidroakumuliacinė elektrinė

Hidroakumuliacinėje elektrinėje turbinos gali dirbti ir kaip siurbliai, o generatoriai- kaip elektros varikliai. Šio tipo HE turi du vandens baseinus: viršutinį ir apatinį. Naktį, kai elektros energija yra pigi, siurbliai iš apatinio baseino kelia vandenį į viršutinį, o diena, kai reikia daug elektros energijos ir kuri yra labai brangi, iš viršutinio baseino, kuriame yra sukauptas vandens kiekis, vanduo leidžiamas žemyn pro turbinas- gaminama elektros energija. Šio tipo hidroelektrinės yra specifinės, nes jos tiesiogiai neišnaudoja hidroenergetinių išteklių.

Potvynių atoslūgių HE baseinas sudaromas, užtvenkiant įlanką arba į jūrą įtekančią upę. Lietuvoje šio tipo hidroelektrinių nėra, nes Baltijos jūroje dėl potvynių ir atoslūgių vandens lygis kinta tik keliais centimetrais.

Taip pat statomos mišraus tipo hidroelektrinės- su atskira užtvanka ir derivacija, kuriose vanduo iš aukštesnio baseino leidžiamas į derivacinį hidroelektrinės kanalą.

2.2 Lietuvos hidroresursai

Vanduo dėl sunkio teka upėje ir atlieka darbą, kuris priklauso nuo vandens kiekio ir vandens kritimo tiriamoje atkarpoje. Šios upės atkarpos potencinė galia arba sekundinis darbas, išreikštas kilovatais, bus

$$P = 9,81 * Q * H$$

P-potencinė energija

Q-vandens debitas

H-vandens kritimas tiriamojoje atkarpoje

Vanduo lyginamosios plokštumos (jūros paviršius, upės žiotys, ruožo pabaiga) atžvilgiu turi sukauptą potencinės energijos, o upės vaga vanduo neša kinetinę energiją. Jų abiejų suma yra pastovi.

Hidroenergija dažniausiai tiriama dvejopai: kaip teorinė energijos apraiška gamtoje ir kaip konkretus energijos šaltinis. Dėl vandens, jo kritimo ir įrenginių naudingumo nuostolių techninė potencinė galia yra 0,815 karto mažesnė už teorinę.

Tyrimai buvo atliekami keliais etapais. Jų rezultatai pateikti 1 lentelėje ir atspindi šalies hidroenergijos išteklius įvertinus įvairias situacijas- tiek upės dydį, tiek aplinkosaugos

nuostatas, pagaliau ir technines galimybes. 1 lentelėje pateikti tik potencialiai hidroenergijos ištekliai, nes kinetinės energijos ištekliai mūsų sąlygomis yra nereikšmingi. Pateikiami 6 hidroenergijos išteklių variantai, apimant visas upes ir net paviršiaus šlaitus (1 variantas) ir baigiant hidroenergijos likučiais, nustatytais įvertinus aplinkosaugos ribojimus bei žuvų migracijos kelius. Kiekvienas variantas dvejopai atspindi gamtinius ar teorinius ir techninius hidroenergijos išteklius. Gamtinis ir teorinis hidroenergijos ryšys $E_t = 0,41 * E_g$ susidarė dėl skirtingų proporcingumo koeficientų bei dėl skirtingo priimto valandų skaičiaus per metus (8760 ir 4380 val.). Apskaičiuojant techninius metų hidroenergijos išteklius buvo priimta, kad hidroelektinės įrengta galia dirba pusę valandų per metus.

1 lentelė. Tiriamų upių charakteristikos

Eil. Nr.	Upė	Vidutinis daugiame- tis debitas žiotyse, m ³ /s	Ilgis, km		Baseino plotas, km ²		Tyrimų vietų skaičius
			Visas	Lietuvos teritorijoje	Visas	Lietuvos teritorijoje	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Nemunas	665	937	475	97928	46692	9
2.	Minija	40,0	-	202	-	2942	4
3	Veiviržas	9,35	-	68	-	668	1
4.	Šyša	4,65	-	57	-	392	2
5.	Jūra	41,1	-	172	-	3994	2
6.	Šešuvis	15,8	-	115	-	1916	1
7.	Šaltuona	4,34	-	73	-	570	1
8.	Lokysta	2,12	-	46	-	173	1
9.	Šešupė	33,2	298	209	6105	4899	4
10.	Siesartis (Šakių raj.)	1,20	-	60,5	-	198	1
11.	Šeimena	3,30	-	49,1	-	648	1
12.	Šelmenta	0,95	15,8	2,2	138	30	1
13.	Dubysa	14,5	-	139	-	2033	1
14.	Kražantė	3,75	-	87	-	378	2
15.	Nevėžis	35,7	-	209	-	6140	5
16.	Šušvė	6,25	-	135	-	1165	1
17.	Juosta	1,65	-	51	-	273	1
18.	Neris	178	510	234	24942	13850	6
19.	Lomena	1,03	-	32,0	-	187	1
20.	Šventoji	51,0	-	246	6889	6801	5
21.	Siesartis (Molėtų raj.)	5,13	-	64,0	-	616	1
22.	Vyžuona	3,80	-	26,0	-	415	1
23.	Vilnia	5,45	-	80	-	624	2
24.	Žeimena	22,0	-	80	-	2793	4

ŠU, Technologijų fakultetas, Elektros inžinerijos katedra

25.	Buka	2,55	-	35,2	-	307	1
26.	Strėva	7,50	-	73,6	-	759	2
27.	Merkys	33,7	203	190	4416	4333	2
28.	Skroblus	0,71	-	15,6	-	76	1
29.	Šalčia	5,65	-	75,8	-	749	2
30.	Akmena-Danė	7,30	-	62,5	-	580	4
31.	Bartuva	9,25	101,3	55,3	2020	748	2
32.	Venta	38,5	343,3	184	11800	5140	3
33.	Virvytė	9,40	-	99,7	-	1134	1
34.	Mūša	25,4	164	146	5463	5297	3
35.	Nemunėlis	13,8	199,3	75	4047	1892	1
36.	Juodupė	0,45	-	11,6	-	63,3	1
37.	Laukupė	0,40	-	23,9	-	60,4	1
38.	Tatula	3,05	-	64,7	-	453	3
39.	Lėvuo	6,80	-	145	-	1629	4
40.	Daugyvenė	2,50	-	61,1	-	488	1
41.	Kruoja	1,74	-	50,5	-	361	1
42.	Obelė	0,85	-	37,6	-	176	2
43.	Kulpė	0,80	-	30,8	-	263	2
44.	Birveta	4,00	36,4	33,3	1607	822	1
45.	Laukesa-Nikaja	1,85	nėra duomenų	1			
46.	Širvinta	6,53	-	128,6	-	918	1
47.	Sidabra	0,52	79,4	33,8	185	119	2
48.	Šventoji (Baltijos jūros)	5,38	68,4	51,7	471,9	390,2	1

2 lentelė. Upių baseinų dydžių klasifikacija

Upės baseino dydis	Baseino plotas, km ²
Mažas	10 -100
Vidutinis	100 –1000
Didelis	1000-10 000
Labai didelis	>10 000

2.3 Gamtosauginiai reikalavimai hidroenergetikoje

Aplinkosauga yra būtinas socialinis reiškinys. Kalbant apie hidroenergijos panaudojimo sukiamas poveikio aplinkai problemas, reikia turėti omenyje tų problemų kurias sukelia didžiosios ir mažosios hidroelektrinės skirtumą.

Šis skirtumas- poveikio aplinkai mastas. Didžiųjų HE poveikis daug kartų viršija biosferos galimybes apsivalyti ir atkurti gamtoje susiklosčiusių procesų pusiausvyrą. Dėl to

gamtoje pradeda vykti negrįžtami procesai. Tvenkiant sausumos upes, negrįžtamai užliejami didžiuliai dirbamos žemės plotai, iškeliami gyventojai.

Ekologinį didelės patvankos poveikį nesunku pajusti ir prie Kauno marių. Po vandeniui esanti augalija pūva ir išskiria metaną, ypač įvairių dumblių puvinimo metu vasaros pradžioje, kai šie gausiai išskiria metaną, tada tvenkinys pavirsta užteršta ir dvokiančia bala: net ir saulėtą dieną smėlėtose pakrantėse nesutiksi nei poilsiautojo nei besimaudančiojo.

Mažosios HE taip pat turi poveikį aplinkai, tačiau jis, viena, neviršija galimybių apsisvalyti, antra, tą poveikį dėl jo nedidelio masto galima valdyti tiek eksploatacijos metu, tiek parenkant tinkamus sprendimus projektavimo metu.

Mažųjų HE poveikis aplinkai skirstomas į 5 grupes:

1. Kraštovaizdžiui- vizualinis įsibrovimas.
2. Vandens išteklių naudojimas.
3. Florai ir faunai, ypač vandens ekosistemai.
4. Upės vandens kokybei.
5. Kitoks poveikis- triukšmas.

Tačiau visose išvardytose srityse galimos ir taikomos priemonės, šį poveikį neutralizuojančios arba minimizuojančios iki nepavojingo lygio. Bet kuris statinys įterptas į gamtinę aplinką, ją veikia. Pirmiausiai keičiamas susiformavęs vietovės reljefas, dirvožemio struktūra, vietovės mikroklimatinės sąlygos ir vandens režimas, augalijos danga ir pagaliau gyvūnijos pasaulis. Taigi iš dalies pasikeičia negyvosios ir gyvosios gamtos komponentai. Pasikeičia ekosistema.

Įtaka kraštovaizdžiui sprendžiama projektinėmis priemonėmis, paslepiant ar išryškinant kai kurias detales, atitinkamai apželdinant teritoriją ir pan.

Vandens išteklių vartojimo požiūriu HE nėra vandens vartotojas, HE yra tik vandens naudotojas, kuris perskirsto natūralaus vandens srautus. Šiuo aspektu labai svarbu, kad nebūtų pakenkta upės apatiniam ruožui dėl vandens srauto laikino neleistino sumažėjimo arba visiško sustabdymo reguliuojant vandens lygį patvankoje. Kad to neatsitiktų, valstybiniai normatyviniai aktai reglamentuoja privalomo minimalaus aplinkosauginio debito praleidimą pro užtvanką bet kuriuo atveju.

Poveikis florai ir faunai pasireiškia dvejopai: galimi atvejai, kad patvanka užtveria kelius žuvų neršto migracijai ir sužalojimos žuvys, patenkančios į turbinas. Pirmuoju atveju reikalaujama, kad užtvankoje būtų įrengti žuvų praleidimo takai. Antruoju atveju

reikalaujama, kad turbinos vandens įsiurbimo ir vandens išleidimo vamzdžiai būtų su atitinkamomis vandens grotomis.



6 pav. Žuvų praleidimo takas

LR aplinkos ministro 2000 m, vasario 23 d. Įsakymu Nr. „Dėl žuvų apsaugos priemonių mažosiose hidroelektrinėse“ apibendrinus sukaupią informaciją apie MHE žalą žuvininkystei bei įvertinus mokslo tiriamųjų darbų išvadas ir rekomendacijas dėl esamų žuvų apsaugos priemonių MHE efektyvumo ir tobulinimo nustatyta: kad visuose MHE vandens paėmimo antgaliuose būtų įrengtos grotos su ne didesniais kaip 30-35 mm tarpais, jeigu intencyvos žuvų migracijos metu HE turbinuose per parą žūva ar sužalojama iki 10 vnt veringų žuvų.

LR įstatymai riboja ūkinę veiklą parkuose, draustiniuose, rezervatuose, prie vandens telkinių, išskirtinės reikšmės upėse ar jų dalyse. LR Vyriausybė 1995 m. liepos 5 d. Priėmė nutarimą, kuriame buvo nustatyta esamų tvenkinių nuomos tvarka HE įrengti. Žinoma, šis nutarimas skatino mažųjų HE statybą. 1997 m. Aplinkos ministerija išleido nutarimą dėl aplinkosaugos reikalavimų mažoms HE projektuoti, statyti ir eksploatuoti. 1999 m. gruodžio 21 d. Aplinkos ministro įsakymu buvo apribota HE ir užtvankų statyba 132 svarbiausiose upėse ir jų ruožuose, tačiau išvardyti 140 tvenkinių ir 49 buvusios hidrojągainės, prie kurių pirmiausia rekomenduojama statyti mažąsias HE. 2003 m. sausio 16 d. LR aplinkos ir žemės

ūkio ministrai paskelbė įsakymą, saugantį ir globojantį migruojančių žuvų kelius . Tie keliai – tai 147 upės ar jų ruožai, kurių bendras ilgis 4500 km. Dokumente pateiktas ir sąrašas tvenkinių, prie kurių galima mažųjų HE statyba (atstatymas). Prie 30 tvenkinių siūloma įrengti žuvitakius. Kaip tik dėl šio dokumento ir kilo diskusijos dėl jo mokslinio pagrįstumo sprendžiant ne tik žuvų apsaugos, bet ir vandens išteklių kompleksinio naudojimo problemą. Netrukus šį klausimą ėmėsi spręsti LR Seimas, kuris 2004 m. kovo 30 d. priėmė įstatymą, keičiantį Vandens įstatymo 14 str. 3 dalies nuostatas . Uždraudė statyti užtvankas Nemuno upėje bei ekologiniu ir kultūriniu požiūriu vertingose upėse. Ekologiniu ir kultūriniu požiūriu vertingų upių ar jų ruožų sąrašą patvirtino LR Vyriausybė 2004 m. rugsėjo 8 d.. Rengiant šio sąrašo projektą šiek tiek atsižvelgta į Lietuvos hidroenergetikų asociacijos motyvuotas pastabas. Hidroenergetikai buvo palikti kai kurių upių (Jūros, Šešupės, Mūšos, Nevėžio, Nemunėlio, Šaltuonos ir kt.) efektyvūs hidroenergetikos požiūriu ruožai.

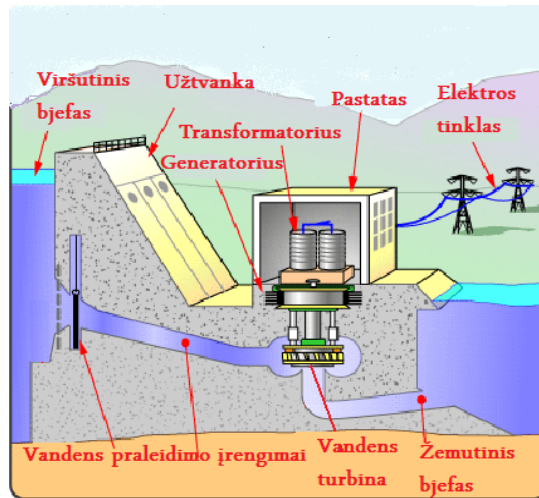
Mažųjų HE poveikis aplinkai, viena vertus, minimalus, valdomas ir neperžengia biosferos galimybių apšalyti ir išlaikyti natūraliųjų gamtinių procesų pusiausvyros, kita vertus, jeigu pagaminta elektros energija pakeičia organinį kurą naudojančiose elektrinėse, teikia kitokią ekologinę naudą: išvengiami tam tikro kiekio į aplinką išmetamų teršalų.

Vertinama, kad HE, dirbdama per metus vidutiniu 100 kW galingumu, leidžia išvengti į atmosferą išmetamų teršalų kiekį kg:

1. Anglies dioksido dujų	710
2. Sieros dioksido	2,37
3. Azoto oksidų	2,01
4. Lakiųjų pelenų	43,8

3. MAŽOS HIDROELEKTRINĖS GENERATORIAI

3.1 Generatorių, taikomų hidroelektrinėse, apžvalga ir savybės



7. pav. Hidroelektrinės schema.

Hidroelektrinėje gamybinis procesas vyksta šitaip. Užtvankos palaikomas aukštutiniame bjefe vanduo pro vandens praleidimo įrenginius patenka į turbinos kamerą, o iš jos – į turbinos protorių. Vandens veikiamą, turbina sukasi, ir sujungtas su ja generatorius gamina elektros energiją, kuri tiekama vartotojams elektros tiekimo linijomis. Atidavęs turbinai didesnę savo energijos dalį, vandens srautas patenka į žemutinį užtvankos bjefą.

Hidroelektrinės galingumas priklauso nuo patvankos aukščio (vandens lygių prieš užtvanką ir už jos skirtumo) ir pro turbinas praleidžiamo vandens kiekio, kuris savo ruožtu priklauso nuo vandens saugyklos apimties ir jos pripildymo sąlygų.

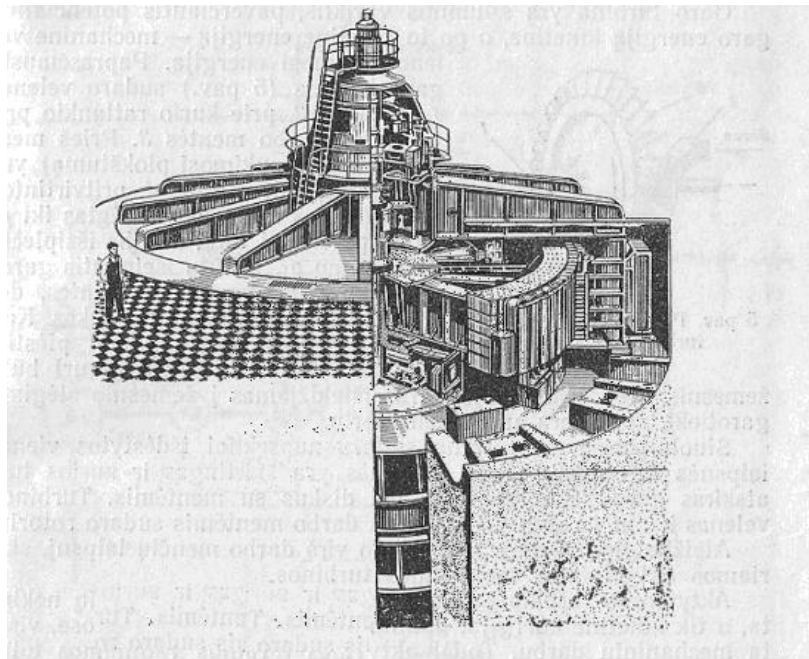
Elektros energijos gamybos reguliavimas hidroelektrinėse gali būti sezoninis ir paros. Esant sezoniniam reguliavimui, vanduo kaupiamas vandens saugykloje pavasarį ir rudenį (vandeningais laikotarpiais) ir per metus eikvojamas pagal poreikius. Esant paros reguliavimui, per parą sukauptas vandens saugykloje vanduo išeikvojamas per keletą valandų, kai būna didžiausias apkrovimas. Paros reguliavimas taikomas hidroelektrinėse, kurių vandens saugyklos yra mažos.

Vandens energija išnaudojama geriausiai, kai hidroelektrinės ir šiluminės elektrinės sujungiamos į bendrą tinklą. Vandeningais laikotarpiais kuro taupymo sumetimais pagrindinis apkrovimas tenka hidroelektrinėms. Kitais laikotarpiais labiau apkraunamos šiluminės elektrinės, o hidroelektrinės gali kaupti vandenį saugyklose.

Dabartiniu metu ir didžiosios, ir mažosios HE, nepriklausomai nuo galingumo, dirba ne tik sinchroniškai su bendraisiais elektros tinklais, bet ir yra įjungtos į tuos tinklus. Todėl ir HE generatoriams keliami reikalavimai, kad jų parametrai atitiktų tinklų parametrus.

HE naudojami kintamos srovės 50 Hz dažnio trifaziai sinchroniniai ir asinchroniniai generatoriai. Sinchroniniai generatoriai naudojami tik 5000 kVA ir didesnės galios HE. Sinchroniniai generatoriai turi galimybę reguliuoti dažnį, tinklo įtampą ir reaktyvios energijos generavimą ar kompensavimą. HE su sinchroniniais generatoriais prireikus gali dirbti ir automatiškai, jei dėl kai kurių nors priežasčių dingsta ryšys su pagrindiniu elektros tinklu. Jų valdymas reikalauja papildomų techninių priemonių, sudėtingesnė jų eksploatacija, todėl jų panaudojimui reikia didesnių investicijų.

Tačiau pagrindiniai HE hidroelektriniai agregatai yra vandens turbina ir hidrogenatoriai.



8 pav. Hidrogeneratorius

Vandens turbina yra hidraulinis variklis, paverčiantis vandens energija mechanine veleno sukimosi energija. Vandens turbiną sudaro turbinos kamera, kreipratis, rotorius ir įsiurbimo vamzdis.

Rotorius yra darbo ratas su kreivalinijinėmis mentėmis. Iš kreipračio vanduo su didele jėga veržiasi į darbo ratą. Tekėdama mentėmis, vandens srovė jas slegia ir darbo ratas pradeda sukintis. Naudojant specialų mechanizmą, kuris vadinamas greičio reguliatoriumi, galima

reguliuoti vandens tiekimą į turbiną ir palaikyti pastovų apsisukimų skaičių, keičiantis apkrovimui.

Vandens turbina yra viena tobuliausių mašinų, kurių valdymas visiškai automatizuotas.

Pagal išnaudojamą vandens energijos tipą vandens turbina skirstoma į reaktyvines ir aktyvines. Turbinos kurios išnaudoja ir kinetinę ir potencinę energijas vadinamos reaktyvinėmis. Slėgis prieš jų turbinratį didesnis negu slėgis už jo. Turbinos kurios išnaudoja tik kinetinę energiją, vadinamos aktyvinėmis. Čia vienu metu slegiama tik dalis menčių, ir energijos kitimo procesas vyksta atmosferos slėgio aplinkoje.

Konkrečiai HE turbina parenkama pagal šiuos kriterijus:

1. Vandens slėgį.
2. Vandens srauto debitą.
3. Sukimosi dažnį.
4. Kavitacijos problemas.

3 lentelė. Turbinų darbas tam tikrame slėgių diapazone.

Turbinos tipas	Vandens slėgis, m
Kaplano ir propelerio	$2 < H < 40$
Francis	$10 < H < 350$
Peltono	$50 < H < 1300$
Michell- Banki	$3 < H < 250$
Turgo	$50 < H < 50$

Hidraulinės turbina sukimosi dažnis ir generatoriaus sukimosi dažnis yra skirtingi. HE naudojami elektros generatoriai, kurių sinchroninis sukimosi dažnis 1000 arba 1500 aps/min. tuo tarpu hidraulinės turbina sukimosi dažnis mažesnis nei 400 aps/min.. Šiems dažniams suderinti reikalingas tarpinis elementas- mechaninė pavara, vadinama greičio multiplikatoriumi.

3.2 Asinchroninio generatoriaus įrengimas ir eksploatavimas

HE naudojant asinchroninius generatorius, nutrūkus elektriniam ryšiui su pagrindiniu elektros tinklu, savarankiškai dirbti negali, kadangi asinshroniniam generatoriui žadinti reikalinga reaktyvioji elektros energija iš tinklo, todėl yra įrengiamos kondensatorių baterijos.

Asinchroninių generatorių naudingumo koeficientas taip pat 2-4 % mažesnis negu sinchroninių. Tačiau asinchroniniai generatoriai turi kai kurių kitų privalumų, kurie atsveria jų trūkumus ir dėl kurių jie naudojami tik mažose HE. Kaip asinchroninius generatorius galime naudoti paprasčiausius asinchroninius variklius. Jie yra paprastos konstrukcijos, todėl žymiai pigesni. Asinchroniniai generatoriai nereikalauja specialių valdymo ir sinchronizavimo su tinklu įrenginių. Jų paleidimas paprastas. Paleidus hidroturbiną, ji pradeda sukuti neįjungtą į tinklą generatorių. Sukimosi dažniui priartėjus prie vardinio, generatorius jungiamas prie elektros tinklo. Šis gavęs reaktyviąją srovę, susižadina ir savaime sinchronizuojasi su elektros tinklu.

Iki 1250kV *A generatoriai turi būti apsaugoti nuo daugiafazės sujungimų statoriaus apvijoje, nuo statoriaus apvijos išžemėjimų, nuo trumpųjų jungimų generatoriaus išorėje, nuo įtampos padidėjimo hidrogenatorių statoriaus apvijoje. Stambiems generatoriams - galingesniems kaip 1250kV *A - numatoma apsauga ir nuo jungimų tarp tos pačios fazės vijų ir apsauga nuo jungimų žadinimo grandinėje dviejuose taškuose.

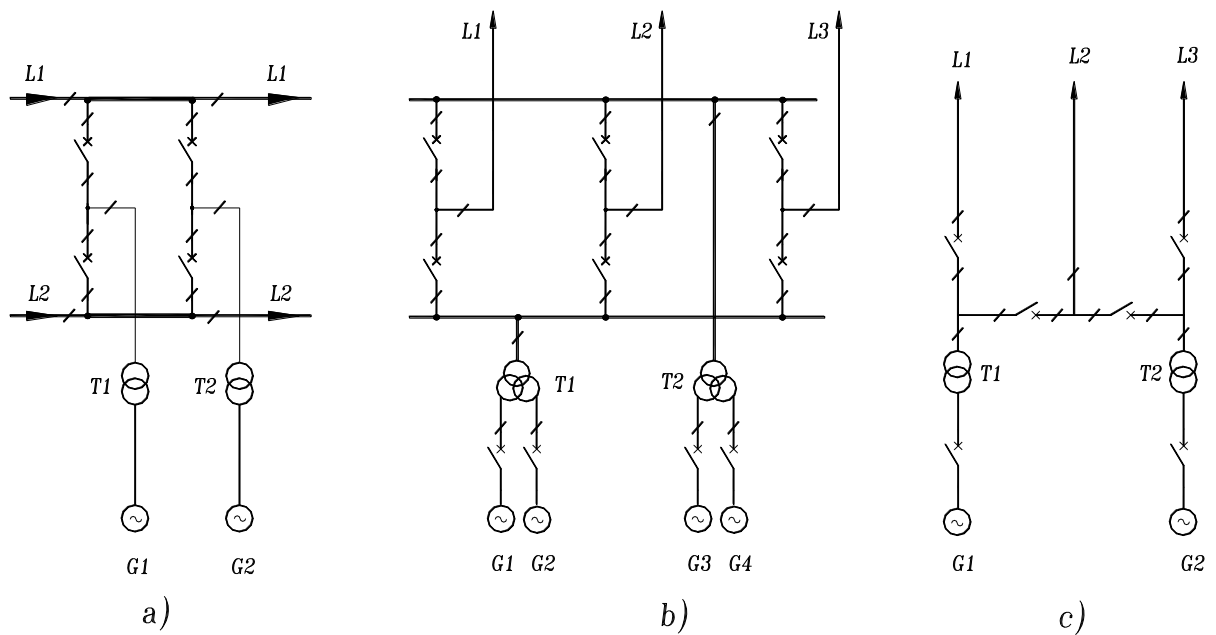
Be apsaugos nuo įvairių gedimų, vartojama nemažai signalinių įtaisų, kurie veikia, sutrikus normaliam darbo režimui.

Avarijai pačiame generatoriuje likviduoti nepakanka tik atjungti generatorių nuo tinklo. Įsibėgėjęs generatorius laisvai gali sukuti ilgokai. Jeigu tuomet išlieka magnetinis žadinimo laukas, generatorius evj palaikoma tokio lygio, kuris yra pakankamas išsilaikytų elektros lankas gedimo vietoje. Todėl, atjungiant generatorius, pirmiausia turi būti prislopintas žadinimo laukas. Tam tikslui generatoriaus relinė apsauga papildoma automatinio lauko slopinimo įtaisais. Lauką taip pat reikia slopinti, numetus apkrovą, esant normaliam režimui, nes pirmojo variklio sukimosi greitis gali padidėti, ir padidėjusi evj gali sugadinti apvijos izoliaciją.

Labiausiai paplitusi lauko slopinimo priemonė - varžos generatoriaus žadinio apvijoje ir žadintuvo žadinimo apvijoje. O varža gali būti, kad ir paprasta vandens pripildyta statinė, kurioje yra du elektrodai.

3.3 Mažųjų hidroelektrinių principinės schemos

Galingose hidroelektrinėse (HE) pagaminta elektra atiduodama paaukštinta įtampa. HE generatorinės įtampos skirstyklos įrengiamos retai. Jos gali būti įrengtos mažos galios elektrinėse arba kai elektros vartotojai yra arti. Visais atvejais HE generatorinės įtampos skirstyklos įrengimą reikia finansiškai pagrįsti. HE projektuojama ir statoma maksimaliai galiai, todėl jos plėsti, o kartu ir keisti schemą beveik niekuomet nereikia. HE potvynio metu tikslinga dirbti bazinėje elektros sistemos grafiko dalyje tam, kad maksimaliai naudingai panaudoti vandens energiją. Kitu metu dalis agregatų dirba pagal sanitarinio vandens debito grafiką bazinėje grafiko dalyje, o kita dalis dirba pikinėje elektros sistemos grafiko dalyje, todėl dažnai reikia komutuoti agregatus. HE skirstykloms įrengti trūksta vietos. Pagrindiniai galios transformatoriai statomi šalia pagrindinio pastato sienos, o atviroji skirstykla dažnai įrengiama krante, pakankamai toli nuo transformatorių. HE schemos turi būti pakankamai patikimos, ekonomiškos ir lanksčios. Galingų HE schemos panašios į KE schemas. Jei HE vis dėlto turi generatorinės įtampos vartotojų ir nėra galinga, tai jos schema gali būti panaši į TE schemas. HE dažniau negu kitose elektrinėse generatoriai jungiami į sustambintą bloką ir dėl vietos stokos transformatorių skaičius esti minimalus, o paaukštintųjų įtampų skirstyklos dažnai įrengiamos pagal supaprastintas schemas. Schemos gali būti daugiakampio su suporintais elementais, dviguboji schema su tiesiogiu transformatorių arba linijų jungiamu prie šynų, paprasto ir dvigubo tiltelių schemas ir atšakos nuo magistralinės linijos schemas (9 pav.).



9 pav. HE schemas: a-supaprastinta dviguboji schema su linijų jungimu prie šynų; b - supaprastinta dviguboji schema su transformatorių jungimu prie šynų; c-dvigubas tiltelis

HE paaukštintos įtampos skirstykloms naudojamos taip pat generatoriaus, transformatoriaus ir linijos bloko, trikampio, kvadrato, dvigubo daugiakampio schemas, viensėsnė schema su apeinamąja šyna, dvisėsnė schema su apeinamąja šyna, pusantrinė ir keturių trečiųjų (4/3) schemas.

Dažniausiai HE pagamintą elektrą atiduoda viena paaukštintąja įtampa. Kai yra dvi paaukštintos įtampos, skirstyklų ryšiui ir generatoriaus prijungimui naudotinas trijų apvijų autotransformatorius arba autotransformatorius, prie kurio žemosios įtampos apvijos jungiamas generatorius.

Šiuolaikinė hidrojėgainė yra sudėtingas ir brangus įrenginys. Čia apie 60% bendrų kaštų sudaro hidroturbinos įrengimo kaina. Anot. Habil. Dr. Prof. N. Ždankaus, yra visos galimybės gaminti nesudėtingas hidroturbinas Lietuvoje. Atsisakius reguliavimo elementų ir supaprastinus kai kuriuos mazgus, mažos galios turbiną gali pagaminti bet kuris nagingas mechanikas.

Tokias nereguliuojamas hidroturbinas būtų racionalu panaudoti kintamojo sukimosi greičio režimu. Tokiu būdu ne tik supaprastėtų hidrojėgainės mechaninės dalies struktūra, bet ir ženkliai geriau būtų išnaudojamas upės hidroenergijos potencialas.

Tačiau klasikinėje elektromechaninėje hidrojėgainės struktūroje to padaryti negalima, nes turbinos greitis yra glaudžiai susietas su elektros generatoriaus kintamos srovės dažniu.

Dauguma šiuo metu įrengiamų tradicinių mažųjų hidrojėgainių yra elektromechaninės sistemos. Jos turi mechaninę ir elektrinę posistemas. Savo energijos konversijos sistemose jos neturi galios elektronikos modulių. Čia dažniausiai naudojami asinchroniai arba sinchroniai generatoriai.

Nors vandens energijos parametrai kinta ne taip sparčiai, kaip, tarkim vėjo, bet visgi daro neigiamą įtaką hidroelektrinės darbui. Tada atitinkamai kinta ir generatoriaus gaminamos elektros energijos parametrai.

Stabilus hidroturbinos greitis yra būtinas, kad būtų sudarytos galimybės stabiliam kintamos srovės trifaziui dažniui ir stabiliam sinchroniniam darbui su elektros tinklu. Mechaninėmis priemonėmis stabilizuojamas turbinos sukimosi greitis, tačiau tada turbina tampa sudėtingesnė ir brangesnė, nepakankamai išnaudojamas hidroenergijos potencialas.

Nereguliuojamas hidroturbinas būtų racionalu naudoti kintamo sukimosi greičio režimu. Tokiu būdu būtų ne tik supaprastinama hidrojėgainės mechaninės dalies struktūra, bet ir ženkliai geriau būtų išnaudojamas upės hidroenergijos potencialas.

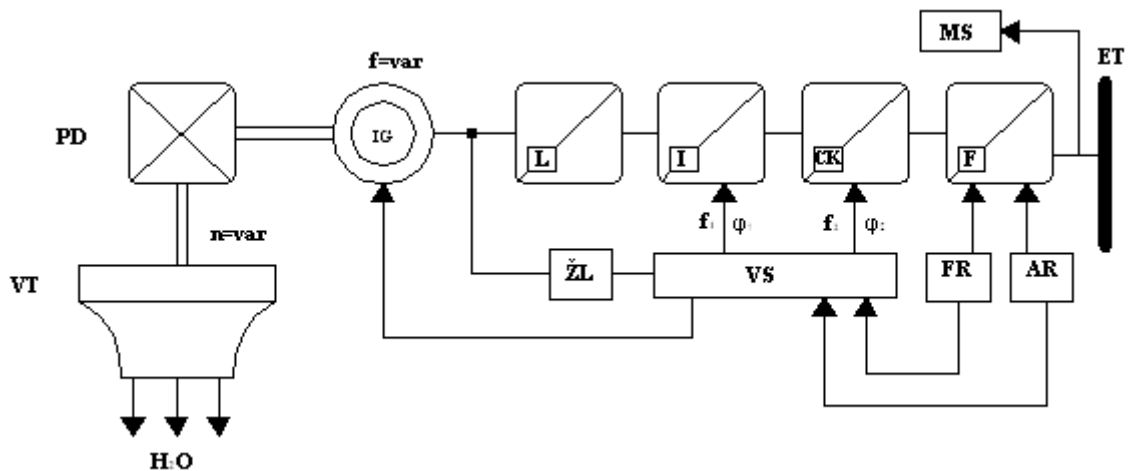
Šias problemas konceptualiai galima išspręsti panaudojus elektromechatroninę hidrojėgainės struktūrą, kurios galimo panaudojimo tiriamieji darbai ir gauti rezultatai buvo pateikti tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Lietuvos hidroenergetikai-100“ ir publikuoti šios konferencijos mokslo darbuose. Čia buvo išnagrinėta nauja mechaninės energijos konversijos struktūrų savybės, dualinių elektros energijos sistemų suderinamumo tyrimo pagrindinės nuostatos bei kai kurie jos praktinio realizavimo aspektai ir problemos.

Elektromechatroninė MHEJ galima vadinti todėl, kad jos sandaroje yra galios elektronikos modulių, naudojamų stabiliems standartiniams gaminamos elektros energijos parametrams palaikyti, t.y. joje yra elektrotechnikos, mechanikos ir galios elektronikos posistemės.

Elektromechatroninėje MHEJ turbina sukasi mechaniškai nevaldoma. Čia apkrova gali būti valdoma elektriškai, keičiant generatoriaus į tinklą tiekiamą elektros srovę. Tarkime, kad MHEJ dirba į elektros tinklą. Šioje sistemoje lygiagrečiai dirba du šaltiniai: elektroninis ciklokonverteris CK ir energetikos sistemos elektros tinklas ESET. Tokiu atveju ši elektromechatroninė sistema kartu yra ir dualinė energetikos sistema, kurioje lygiagrečiai ir sinchroniškai dirba srovės ir įtampos sistemų energijos šaltiniai.

Elektros energijos konversijos sistemos čia reikalingos, nes jei gaunama elektros energija yra kintanti nestandartinių ir nestabilių parametru, vartotojo tai netenkina. Šios sistemos paskirtis- nuolat tiekti kokybiškų parametru elektros energiją.

Priklausomai nuo energijos konversijos sistemoje naudojamo elektros generatoriaus tipo ir MHEJ darbo pobūdžio (autonominė ar įjungta į energetikos sistemos tinklą), tokios sistemos struktūroje gali būti reikalingas vienoks ar kitoks šių modulių rinkinys.



10 pav. Mažųjų hidroelektrinių energijos konversijos struktūra.

Čia VT- vandens turbina veikianti $n = \text{var}$ režimu. PD- mechaninė pavarų dėžė. IG – sinchroninis arba indukcinis generatorius, veikiantis $f = \text{var}$. Trifazis lygintuvas L- išlygina generatoriaus IG – trifazę įtampą. Inverteris I nuolatine srovę paverčia kintamojo dažnio kintamąja srove. Ciklokonverteris CK – aukšto dažnio vienfazę kintamąją srovę paverčia pramoninio dažnio trifaze kintamąją srovę. Harmonikų aukštojo dažnio dedamųjų slopinimo filtras F suteikia pramoninio dažnio srovei kokybinius parametrus, kurie tenkina standartų reikalavimus, teikiant elektros energiją į integruotos sistemos elektros tinklą. Inverterio ir ciklokonverterio valdymo sistema VS reguliuoja IG žadinimo srovę ir formuoja aukštojo dažnio ir stabilaus pramoninio dažnio valdymo impulsus inverterio I ir ciklokonverterio CK tranzistoriams valdyti. Žadinimo lygintuvas ŽL išlygina kintamąją srovę ir per valdymo sistemą VS tiekia nuolatine srovę IG žadinimo grandinei.

Jei hidroelektrinės kaimynystėje yra energetikos schemos elektros tinklas ET, tai jis gali atlikti įtampos stabilizavimo ir energijos kaupiklio funkcijas. Be to, šiuo atveju yra

galimybė realizuoti pagamintą elektros energiją, o taip pat esant būtinybei pasinaudoti rezervine elektros energija iš tinklo.

3.4 Nuo ko pradėti statant mažą hidroelektrinę

1. Vieta

Tai nėra paprasta. Taigi pirmiausia rengiantis statyti elektrinę reikia pasidomėti, ar tas upelis arba upelio ruožas nėra įrašytas į draudžiamųjų sąrašą. Jeigu jis yra sąrašė, laukia beprasmiškai kryžiaus keliai norint gauti Aplinkos ministerijos sutikimą ir Ūkio ministerijos leidimą statyti. Jeigu draudžiamųjų sąrašė nėra - procesas paprastesnis.

Tada jau prasideda konkrečios vietos paieška. Geriausia rasti vietą, kur jau yra arba buvo užtvanka. Tokiu atveju lengviau numatyti, kiek pakils vandens lygis, kokie plotai bus užlieti pastačius užtvanką, kokio elektrinės galingumo galima tikėtis. Jei ne - geriau pasisieškoti hidroenergetikos specialisto, kuris gali profesionaliai patarti. Pavyzdžiui, žvelgiant nepatyrusiu žvilgsniu, gali atrodyti, kad geriausia būtų statyti vienoje vietoje, o profesionalas gali patarti statybą perkelti už kelių dešimčių ar kelių šimtų metrų į vieną ar kitą pusę. Būsimo elektrinės galingumas priklausys nuo upės sraunumo, vandens kiekio, perkričio.

2. Techninė dokumentacija

Pasirinkus vietovę, metas pradėti kaupti techninę dokumentaciją. Ją sudaro: pirminis projektas, užliejamos teritorijos apskaičiavimas, Ūkio ministerijos leidimas gaminti elektros energiją, susitarimas su skirstomaisiais tinklais dėl galimybės prisijungti prie tinklo, techninės sąlygos, kuriomis reikės elektros energiją perduoti, poveikio aplinkai studija, kad neišsigastų visuomenė, leidimo keisti žemės sklypo paskirtį. Reikia ir su Aplinkos ministerija suderintų sąlygų dėl papildomų darbų konkrečioje vietovėje (pavyzdžiui, gali būti nurodyta įrengti žuvtakį, vandens lygį kelti ne aukščiau kaip iki nurodytos ribos ir pan.).

3. Projektavimas

Tik pražygiavus visus koridorius ir reikalingus kabinetus, žinant visus dokumentais užfiksuotus reikalavimus ir sąlygas galima pradėti projektuoti konkretų objektą.

4. Įranga

Svarbiausias hidroelektrinės, kaip ir kiekvienos jėgainės, įrenginys - žinoma, turbina. Nuo to, kokią turbiną pasirinksite, priklausys ir elektrinės našumas, ir daugeliu atvejų

ilgaamžiškumas. Galima rinktis tokių garsių gamintojų kaip Vokietijos "Vatex", čekų "Marel" turbinas. Jų techniniai duomenys pavydėtini. Tačiau jau ir Lietuvoje yra mažųjų elektrinių turbinų gamintojų, ir jų produkcija ne ką tenusileidžia garsiesiems konkurentams. O kaina skiriasi iš esmės.

Kita vertus, renkantis pagrindinę elektrinės įrangą, derėtų įvertinti planuojamą elektrinės galingumą, ketinamos pirkti įrangos kainos ir kokybės santykį bei savo kišenės turinį - kaip ir kiekvienoje prekyvietėje.

Pagaliau pravartu pagalvoti, ar siekiama išgauti elektros energijos maksimumą pagal teoriškai apskaičiuotas galimybes, ar norima tik atributo, butaforinio priedo, tarkim, prie poilsiavietės. Pastaruoju atveju tokia investicija - labai brangus "malonumas". Nemaža dalis lėšų tenka betonavimo darbams, automatikai, elektrinei daliai. Bet tai, palyginti su turbina, nežymu.

Statybos darbams derėtų ieškotis statybos bendrovės, kuri specializuojasi statyti hidroenergetikos pastatus.

3.5 Generatoriaus parinkimo skaičiavimo pavyzdys

Kaip pavyzdį pasirenku Mūšos upę, ant kuriuos mėginsiu „pastatyti“ mažąją hidroelektrinę.

Parinkant generatorius atsižvelgiama į sistemos galią. Vieno generatoriaus galia neturi būti didesnė kaip 10% nuo bendros sistemos galios.

Hidrogeneratorių skaičiusturi būti toks, kad atsijungus vienam elektrinės hidrogenatoriui sistema turėtų pakankamai rezervuotos galios jį pakeisti.

Turi būti tenkinama sąlyga, kad:

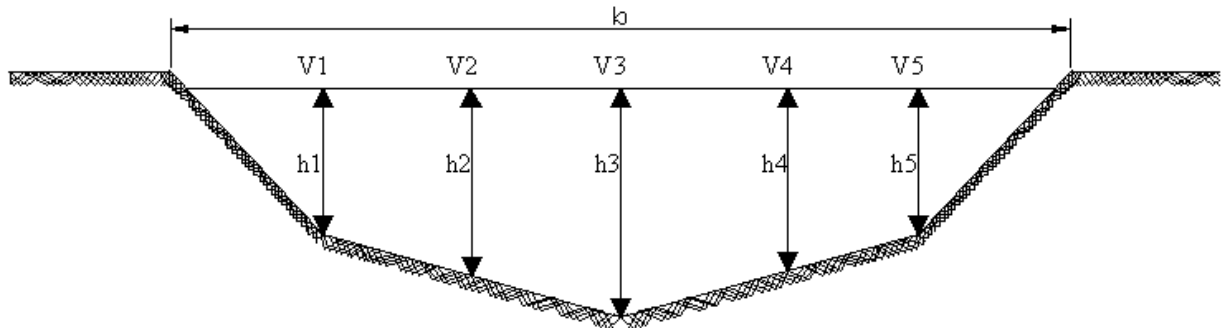
$$P_G \leq P_{rez} ;$$

Sistemos rezervas : $P_{rez} = 0,1 \cdot P_s \text{ MW}$;

Galimas minimalus hidrogenatorių skaičius :

$$n \geq P_{Einst.} / P_{rez} ;$$

Prie Mūšos upės reikia suprojektuoti mažąją hidroelektrinę (MHE). Upės vagos matmenų ir vandens parametrų simbolika pateikta upės skerspjūvio eskizo 11 pav.



11 pav. Upės skerspjūvio eskizas

čia V_1, V_2, \dots, V_5 atskirų upės ruožų vandens tėkmės greičiai [m/s].

h_1, h_2, \dots, h_5 - tų ruožų upės gyliai [m]

Matmenų ir parametrų duomenys pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Mūšos upės duomenys.

Upės pavadinimas	b, m	h_1, m	h_2, m	h_3, m	h_4, m	h_5, m	$V_1, m/s$	$V_2, m/s$	$V_3, m/s$	$V_4, m/s$	$V_5, m/s$
Mūšos	36,5	2,2	3,8	6,5	4,2	2,1	0,9	1,2	0,9	1,3	0,95

Vandens tėkmės greičių ir apkrovos koeficientų vertės metų mėnesiuose pateikiamos 5 lentelėje:

5 lentelė. Vandens tėkmės greičių ir apkrovų koeficientų vertės.

Koeficientai	Metų mėnesiai											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
k_{vj}	0,7	0,8	0,85	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
k_{Aj}	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	0,6

MHE teks elektros energiją ūkio imtuvams ir elektros tinklą.

Reikia apskaičiuoti MHE pagrindinius duomenis:

1. Kiekvieno metų mėnesio galias ir energijas.
2. Paringti hidroegregatų skaičių, kiekvieno galią ir turbinos galią.
3. MHE galią ir elektros energiją gaminamą per metus ir lėšas gautas už parduotą energiją.

4. Įrengtosios galios išnaudojimo koeficientą $k_{i\dot{s}}$ ir valandų skaičių $t_{i\dot{s}}$.
5. Agregatų naudingumo koeficientai: $\eta_G=0,96$; $\eta_T=0,92$; $\eta_P=0,9$.
6. Sudaryti MHE generuojamos, sunaudojamos ir elektros tinklui tiekiamos arba naudojamos energijos grafikus.

Skaičiavimai

Upės tėkmės vidutinis greitis ir gylis:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^5 V_i}{5} = \frac{0,9 + 1,2 + 0,9 + 1,3 + 0,95}{5} = 1,05 \text{ m/s}$$

$$h = \frac{\sum_{i=1}^5 h_i}{5} = \frac{2,2 + 3,8 + 6,5 + 4,2 + 2,1}{5} = 3,76 \text{ m}$$

Upės skerspjūvio ekvivalentinio stačiakampio plotas:

$$S = b \cdot h = 36,5 \cdot 3,76 = 137 \text{ m}^2$$

Upės atskirų ruožų greičiai, patvankos aukščiai, debitai ir hidroelektrinės galios apskaičiuojamos pagal šias formules:

$$V_j = V \cdot k_{Vj}; \quad H_j = \frac{V_j^2}{2 \cdot g}; \quad Q_j = k \cdot V_j \cdot S; \quad P_{kj} = 9,81 \cdot Q_j \cdot H_j$$

Gautus rezultatus surašome į 6 lentelę.

6 Lentelė. Upės ruožų greičiai, patvankos aukščiai, debitai, galios.

Upės atskirų ruožų duomenys	Metų mėnesiai											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
V_j , [m/s]	0,735	0,89	0,94	1,05	0,94	0,84	0,73	0,73	0,84	0,89	0,94	0,84
H_j , [m]	0,028	0,04	0,05	0,06	0,04	0,036	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03
Q_j , [m ³ /s]	50,44	61,24	64,85	72,05	64,85	57,64	50,44	50,44	57,64	61,24	64,85	57,64
P_{kj} , [kW]	13,62	24,39	28,95	39,72	28,95	20,34	13,63	13,62	20,34	24,39	28,95	20,34

Hidroelektrinės elektrinės galios ir energijos:

$$\eta = \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_P = 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,9 = 0,795;$$

$$P_{Ej} = \eta \cdot P_{kj} = 0,795 \cdot 13,62 = 10,83 \text{ kW};$$

$$E_j = T_j \cdot P_{Ej} = 744 \cdot 11 = 8,058 \cdot 10^3 \text{ kWh};$$

$$E_E = \sum_{j=1}^{12} E_j = 160,51 \cdot 10^3 \text{ kWh/met.}$$

Skaičiavimų rezultatus surašome į 7 lentelę:

7 lentelė. Hidroelektrinės pagaminama galia.

Upės atskirų ruožų duomenys	Metų mėnesiai											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
P_{Ej} , [kW]	10,83	19,39	23,02	31,58	23,02	16,17	10,83	10,83	16,17	19,39	23,02	16,17
T_j , [val]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
E_j , 10^3 [kWh]	8,06	13,03	17,13	22,73	17,13	11,64	8,06	8,06	11,64	14,43	16,57	12,03
E_E , 10^3 [kWh/met]	160,51											

Hidroelektrinės generatorių skaičius m ir galia P_G

$$\text{Pasirenkame } m=2 \quad P_G = \frac{P_{Ej\text{maks}}}{m} = \frac{31,58}{2} = 15,79 \text{ kW}$$

Parentama artimiausia didesnė galios vertė P_{GS} .

Hidroelektrinės įrengtoji galia ir metų valandų skaičius

$$P_E = m \cdot P_{GS} = 2 \cdot 20,0 = 40,0 \text{ kW};$$

$$T_m = 8760 \text{ val}$$

Įrengtosios galios išnaudojimo koeficientas

$$k_{i\bar{s}} = \frac{E_E}{E_{maks}} = \frac{E_E}{P_E \cdot T_m} = \frac{160,51}{40,0 \cdot 8760} = 0,46$$

Įrengtosios galios išnaudojimo valandų skaičius

$$t_{i\bar{s}} = 8760 \cdot k_{i\bar{s}} = 8760 \cdot 0,46 = 4029,6 \text{ val.}$$

Hidroelektrinės generuojamos ūkio poreikiams sunaudojamos ir į elektros tinklą tiekiamos energijos kiekiai ir jų metinis grafikas.

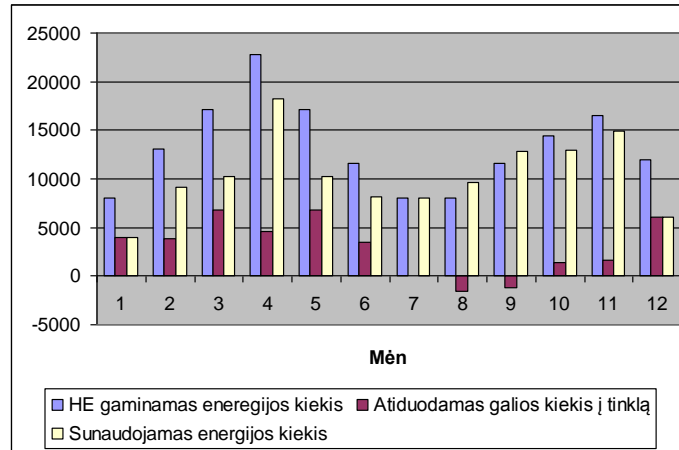
$$E_{Sj} = E_j \cdot k_{Aj};$$

$$E_{ETj} = E_{Ej} - E_{Sj}$$

Gautus rezultatus surašau į 8 lentelę.

8 lentelė. HE pagaminamos ir į tinklą atiduotos energijos kiekiai per tam tikrą mėnesį.

Elektrinės apkrovos ir elektros tinklo energijos.	Metų mėnesiai											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
E_j , 10^3 [kWh]	8,06	13,03	17,13	22,73	17,13	11,64	8,06	8,06	11,64	14,43	16,57	12,03
E_{Sj} , 10^3 [kWh]	4,03	9,12	10,26	18,19	10,28	8,15	8,06	9,67	12,8	12,99	14,92	6,01
E_{ETj} , 10^3 [kWh]	4,03	3,91	6,87	4,54	6,85	3,49	0	-1,61	-1,16	1,44	1,65	6,02



12 pav. Pagamintos hidroelektrinėje ir parduotos į energetinę sistemą elektros energijos vertės.

$$K_E = p \cdot \sum_{j=1}^{12} E_j = 0,247 \cdot 106510 = 26307,97 \text{ Lt} ;$$

$$K_{ET} = p \cdot \sum_{j=1}^{12} E_{ETj} = 0,247 \cdot 36016,64 = 8896,11 \text{ Lt} .$$

čia $p=0,247 \text{ Lt/kWh}$

Elektrinei, kurios galingumas bus skaičiuojamas dešimtimis tūkstančių kilovatų, derėtų numatyti kelias dešimtis tūkstančių litų, šimtais - šimtus tūkstančių litų. Antai pastatyti 10 kW elektrinę gali kainuoti 10.000-100.000 Lt, 100.000-150.000 kW gali kainuoti 500.000-700.000 Lt. O, pavyzdžiui, UAB „Achema“ - „Hidrostotys“ pastatyta 1 MW Kavarsko hidroelektrinė kainavo per 9 mln. Lt.

Derėtų įvertinti ir įsigyjamo sklypo, perkamos įrangos kainą. Jeigu reikia įrengti žuvitakį, tai sudarys apie 10% sąmatos. Jeigu artimiausia pastotė čia pat, už tvoros, - viena kaina, o jei už kelių kilometrų, tai gali kainuoti keliasdešimčia tūkstančių litų brangiau, nes reikia atlikti ir žemės darbus, ir kabelį pirkti. Beje, žemės darbai paprastai atliekami sklypuose, kurie kam nors priklauso, tad su savininkais tenka derėtis dėl tos sklypo dalies pirkimo arba nuomos. Todėl mažųjų elektrinių statytojai verčiau investuoja į pastotę šalia elektrinės ir ją perduoda skirstomųjų tinklų nuosavybėn.

Be abejo, pigiau įrengti elektrinę prie jau esančios arba buvusios užtvankos, negu pradėti visiškai neliestoje vietoje.

3.5 Hidroelektrinės atsipirkimo skaičiavimo pavyzdys

Iš pirmo žvilgsnio atrodo, kad pastatyti hidroelektrinę gali tik solidžias lėšas valdantis asmuo. Bet iš tikrųjų užtenka geros idėjos ir šiek tiek pinigų pradžioje, o bankai tokius projektus finansuoja noriai - užtenka tik turėti leidimus statyti ir pradėti darbus.

Štai tarkim mūsų pasirinktai HE 40 kW galios, galime paskaičiuoti atsipirkimo laiką, jei tarkime 1 kW įrengimo kainą būtų tarkime 2000 litų.

Projektuojamo objekto(HE) vertė nustatoma pagal kapitalų investicijų metodą:

$$K = k_{lyg.} \cdot P_{inst.},$$

$k_{lyg.}$ - lyginamieji kapitaliniai įdėjimai, priimame, kad $k_{lyg.} = 2000 \text{ Lt/kW}$, tačiau kapitaliniai idėjimai gali labai skirtis, priklausomai nuo to, kiek kainuoja pagaminti 1 kW kaina, t. y. nuo 1 iki 10 tūkst. litų.

$P_{inst.}$ – instaliuota galia, ($P = 40\text{kW}$).

Tuomet kapitalinės investicijos bus: $K = 2000\text{Lt/kW} \cdot 40 \text{ kW} = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Lt}$.

Kapitalinės investicijos į HE struktūrą:

1. Statybiniai montavimo darbai: $k_{stat.} = K \cdot 0,4 = 0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,4 = 0,32 \cdot 10^5 \text{ Lt}$;
2. Įrenginių įsigijimas: $k_{ir.} = K \cdot 0,5 = 0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,5 = 0,4 \cdot 10^5 \text{ Lt}$;
3. Kitos išlaidos: $k_{k.išl.} = K \cdot 0,1 = 0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,1 = 0,08 \cdot 10^5 \text{ Lt}$.

Likvidacinė vertė: $K_{likv.} = 0,05 \cdot K = 0,05 \cdot 0,8 \cdot 10^5 = 0,08 \cdot 10^5 \text{ Lt}$;

Nusidėvėjimas per metus: $D = 0,08 \cdot 10^5 \cdot 0,1 = 0,08 \cdot 10^5 / 25 = 0,0024 \cdot 10^5 \text{ Lt}$.

n - skaičiuojamų metų skaičius (priimama, kad $n = 25$),

$k = 10\%$ – diskonto norma (priimama).

Rodikliai:

1. Realizavimas: $S = 26307,97 \text{ Lt}$.
2. Ekon.išlaidos: $C = 17411,87 \text{ mln.Lt}$.
3. Nusidėvėjimas: $D = 240 \text{ Lt}$.
4. Pelnas prieš mokesčius: $M = S - (C + D) = 8656,10 \text{ Lt}$.
5. Pelno mokestis (24 %): $T = 2077,46 \text{ Lt}$.
6. Grynasis pelnas: $MI = M - T = 6578,64 \text{ Lt}$.
7. Grynasis pinigų srautas: $CF_t = MI + D = 6818,64 \text{ Lt}$.

ŠU, Technologijų fakultetas, Elektros inžinerijos katedra

Pagal esamosios vertės metodą apskaičiuosime elektrinės atsipirkimo laiką:

$$PV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i};$$

Tarkime mes paimame paskolą. Kurios palūkanų norma 12%, jei mes HE pastatysime už šią sumą, tai yra už 80000 litų, tada ji atsipirks žiūr. 9 lentelę.

9 lentelė. Pastatytos HE už 80000 litų atsipirkimo laikas.

Metai	Savųjų pinigų srautai	Kapitalo invest.	PV, 12%	PV, 10%	PV, 7%
Nr.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.
1	6818,64	80000	-73911,9	-73801,2	-73627,4
2	6818,64	80000	-68476,2	-68166	-67671,8
3	6818,64	80000	-63622,8	-63043,1	-62105,7
4	6818,64	80000	-59289,4	-58385,8	-56903,8
5	6818,64	80000	-55420,3	-54152	-52042,2
6	6818,64	80000	-51965,8	-50303	-47498,7
7	6818,64	80000	-48881,4	-46804	-43252,4
8	6818,64	80000	-46127,5	-43623,1	-39283,9
9	6818,64	80000	-43668,6	-40731,3	-35575
10	6818,64	80000	-41473,2	-38102,4	-32108,7
11	6818,64	80000	-39513	-35712,5	-28869,2
12	6818,64	80000	-37762,8	-33539,9	-25841,7
13	6818,64	80000	-36200,1	-31564,8	-23012,2
14	6818,64	80000	-34804,9	-29769,2	-20367,8
15	6818,64	80000	-33559,2	-28136,9	-17896,4
16	6818,64	80000	-32446,9	-26652,9	-15586,7
17	6818,64	80000	-31453,8	-25303,9	-13428,1
18	6818,64	80000	-30567,1	-24077,5	-11410,7
19	6818,64	80000	-29775,4	-22962,6	-9525,3
20	6818,64	80000	-29068,6	-21949,1	-7763,23
21	6818,64	80000	-28437,4	-21027,7	-6116,44
22	6818,64	80000	-27873,9	-20190	-4577,38
23	6818,64	80000	-27370,8	-19428,5	-3139,01
24	6818,64	80000	-26921,6	-18736,3	-1794,74
25	6818,64	80000	-26520,5	-18106,9	-538,412
26	6818,64	80000	-19701,8	-11288,3	6280,228

Kaip matoma paėmę paskolą 80000 litų su 7% palūkanomis ir už šiuos pinigus pastatę 40 kW HE, ji atsipirks per 25 metus.

O tarkime tokią pat HE pastatome už 40000 litų, tuomet:

ŠU, Technologijų fakultetas, Elektros inžinerijos katedra

10 lentelė. Pastatytos HE už 40000 litų atsipirkimo laikas.

Metai	Savųjų pinigų srautai	Kapitalo invest.	PV, 12%	PV, 10%	PV, 7%
Nr.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.	mln.Lt.
1	6818,64	40000	-33911,9	-33801,2	-33627,4
2	6818,64	40000	-28476,2	-28166	-27671,8
3	6818,64	40000	-23622,8	-23043,1	-22105,7
4	6818,64	40000	-19289,4	-18385,8	-16903,8
5	6818,64	40000	-15420,3	-14152	-12042,2
6	6818,64	40000	-11965,8	-10303	-7498,68
7	6818,64	40000	-8881,39	-6804	-3252,38
8	6818,64	40000	-6127,45	-3623,06	716,1348
9	6818,64	40000	-3668,58	-731,29	4425,023
10	6818,64	40000	-1473,16	1897,591	7891,274
11	6818,64	40000	487,0328	4287,483	11130,76
12	6818,64	40000	2237,208	6460,112	14158,32
13	6818,64	40000	3799,864	8435,229	16987,81
14	6818,64	40000	5195,093	10230,79	19632,2
15	6818,64	40000	6440,833	11863,12	22103,59
16	6818,64	40000	7553,101	13347,05	24413,3
17	6818,64	40000	8546,197	14696,08	26571,9
18	6818,64	40000	9432,89	15922,48	28589,29
19	6818,64	40000	10224,58	17037,38	30474,7
20	6818,64	40000	10931,45	18050,93	32236,77
21	6818,64	40000	11562,58	18972,33	33883,56
22	6818,64	40000	12126,09	19809,98	35422,62
23	6818,64	40000	12629,22	20571,47	36860,99
24	6818,64	40000	13078,45	21263,73	38205,26
25	6818,64	40000	13479,54	21893,07	39461,59
26	6818,64	40000	20298,18	28711,71	46280,23

Kaip matome iš lentelės duomenų, jei palūkanų banko palūkanų norma 12%, tai HE atsipirks po 10 metų, o jei 7 %, tai ji atsipirks jau po 7 metų.

4. MAŽOSIOS HIDROELETRINĖS PRIJUNGIMO PRIE TINKLO VARIANTAI

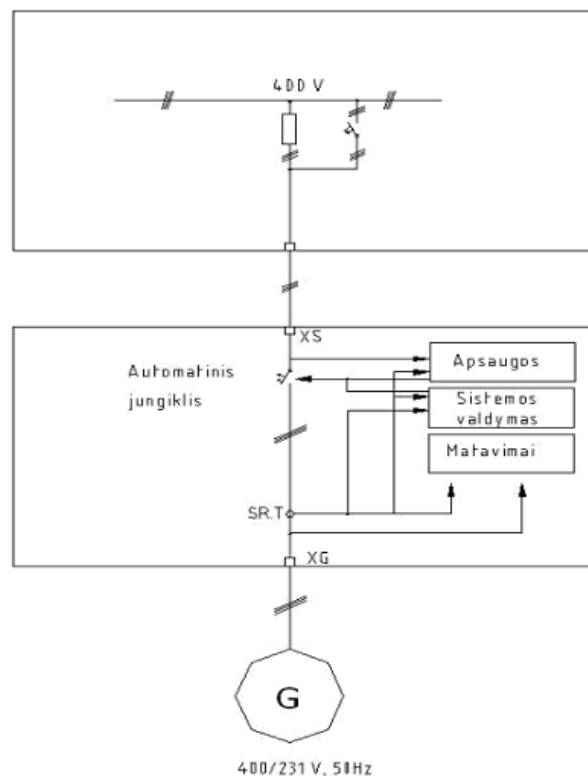
4.1 Prijungimas prie žemosios įtampos tinklo

Šiuo metu prijungti hidroelektrinę prie tinklo yra labai sunku. Vienas iš pagrindinių trūkumų, kad tinklo operatorius kiekvienu atskiru atveju nustato savo technines sąlygas, kurios iš anksto nėra žinomos. Kaip rodo praktika, tokios sąlygos palyginti griežtos ir norintys patekti į rinką turi skirti dideles investicijas. Tai ypač svarbu smulkiems gamintojams, todėl būtina parengti standartines prisijungimo prie tinklų sąlygas. Tinklai turėtų užtikrinti

gamintojams galimybę prisijungti, o prisijungimo tarifai turi būti ekonomiškai pagrįsti ir nediskriminuojantys.

Nauji elektros vartotojai ir gamintojai turi sumokėti prisijungimo prie esamų elektros tinklų mokestį. Galima skirti tris skirtingus mažų elektrinių prisijungimo prie skirstomųjų tinklų mokesčio dydžius: maži mokesčiai, dideli mokesčiai ir vidutiniai mokesčiai. Mažų mokesčių atveju vertinamos tik tiesioginės generatoriaus prijungimo prie artimiausio taško tinkle išlaidos. Papildomos išlaidos, reikalingos tinklui atnaujinti ir sustiprinti, šiuo atveju padalinamos tarp visų tinklo vartotojų. Dideli mokesčiai reiškia, kad visas tinklo sustiprinimo išlaidas turi padengti generatoriaus savininkas. Vidutiniai mokesčiai yra minėtų dviejų derinys, kai naujas gamintojas turi padengti tik tas išlaidas, kurios skirtos skirstomiesiems tinklams atnaujinti. Prisijungimo mokesčio dydis gali būti labai svarbus veiksnys smulkiems gamintojams, norintiems patekti į elektros rinką. Mažam elektros gamintojui didelis prisijungimo mokestis gali sudaryti ženkliai dalį bendrųjų investicijų. Vidutinio dydžio prijungimo mokestis skatina paskirstytosios gamybos elektrinių statybos plėtrą, tačiau jis gali būti nepatrauklus skirstomųjų tinklų operatoriams. Lietuvoje iki šiol naujiems gamintojams paprastai nustatomi dideli prijungimo mokesčiai.

Žinant tinklo technines sąlygas generatorių būtų galima prijungti taip (žiūr. 13 pav.):



13 pav. Generatoriaus prijungimas prie žemos įtampos tinklo

4.2 Apsauga nuo trumpųjų jungimų

Trumpieji jungimai elektros tinkle pasitaiko gana dažnai. Paskirstytieji generatoriai dėl išorinio tinklo pažaidos turi nesugesti, nes sistemos tinklas atsakomybės už tai prisiimti negali. Paprasčiausiai reikia parinkti pakankamai atsparų įrenginį.

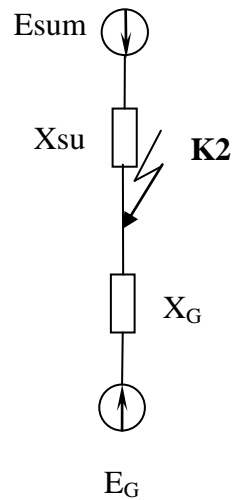
Trumpojo jungimo (t.j.) srovių skaičiavimai vykdomi:

- parenkant elektros sistemos įrenginius;
- projektuojant relinės apsaugos schemas.

Nusistovėjusio režimo t.j. srovėms skaičiuoti yra naudojami supaprastinti metodai, apibrėžti įvairiuose tarptautiniuose ir nacionaliniuose standartuose, kaip pvz., IEC 60909 ir pan. Šiuose metoduose realus elektros tinklas suprastinamas. Standartiniai realaus tinklo elementai yra linijos, kabeliai, transformatoriai, sinchroniniai generatoriai ir varikliai, asinchroniniai varikliai ir įtampos šaltiniai. Trumpojo jungimo srovių skaičiavimuose šiuos elementus vaizduoja jų ekvivalentinės varžos (R ir X).

Paskirstytojo generavimo elektrinių įvairovė lemia nevienodą įtaką į t.j. srovės elektros tinkluose. Sinchroninių ir asinchroninių paskirstytųjų generatorių t.j. srovės skaičiuojamos pagal klasikinę teoriją. Priklausomai nuo prijungimo schemos sinchroninių generatorių t.j. srovės gali viršyti 10 vardinių srovių dydį, asinchroninių generatorių t.j. srovės gali pasiekti 5-7 vardinių srovių dydį. Elektrinėse su keitikliais (vėjo, kuro elementų, saulės ir pan.), atsiradus išoriniam t.j., keitikliai užsidaro ir vėl pradeda veikti tik t.j. pasibaigus. Generatorių t.j. srovės turėtų neviršyti 2 vardinių srovių, o tikslus atsakymas reikalauja išsamių ir didelę apimtį bei pakankamai finansuojamų mokslinių tyrimų.

Mažosios HE trumpuosius jungimus būtų galima apskaičiuoti :
prastinu trumpųjų jungimų skaičiuojamąją schemą 14 pav. ir apskaičiuoju
ekvivalentinius parametrus;



14 pav. Trumpojo jungimo prie generatoriaus gnybtų atsojamoji schema

Sistemos galia:

$$S_s = \frac{P_s}{\cos \varphi_s};$$

Sistemos varža:

$$x_s = x_r \frac{S_b}{S_s};$$

Generatoriaus elektrovaros jėga:

$$E_G = \frac{U_{GN} + \sqrt{3} \cdot I_{GN} \cdot X_d'' \cdot \sin \varphi}{U_{bG}}$$

Generatoriaus varžos:

$$x_{G1} = x_d'' \frac{S_b}{S_{GN}};$$

Transformatorių varžos, jei generatorių jungsime prie tinklo per transformatorių:

$$x_{T1,2} = u_{k\%} \frac{S_b}{100 * S_{TN}};$$

Ekvivalentiniai parametrai:

E_{ekv} ; x_{ekv} ;

$$I_{poSK2*} = \frac{E_{ekv}}{x_{ekv}}$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b};$$

$$I_{poSK2} = I_{poSK2*} \cdot I_b;$$

Trumpojo jungimo srovės periodinės dedamosios reikšmė pradiniu momentu generatoriaus G pusėje:

$$I_{poGK2} = \frac{E_G}{x_G} * I_b;$$

Suminė trifazio trumpojo jungimo periodinės dedamosios pradinė reikšmė taške K2:

$$I_{poK} = I_{poGK2} + I_{posK2};$$

Aperiodinė srovės dedamoji:

$$i_{at} = \sqrt{2} \cdot (I_{poG2} \cdot e^{-\frac{t}{T_{aG}}} + I_{pos} \cdot e^{-\frac{t}{T_{as}}})$$

Smūgio koeficientai:

$$k_{SG} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{aG}}}$$

$$k_{SS} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{as}}}$$

Smūginė srovė:

$$i_s = \sqrt{2} \cdot (k_{SG} \cdot I_{poGK2} + k_{SS} \cdot I_{poK2})$$

4.3 Elektros apskaita

Prijungimo taške reikia įrengti elektros energijos kiekių ir kokybės matavimo prietaisus. Jų įrengimas turi atitikti Lietuvoje galiojančių metrologijos standartų reikalavimus.

Mažųjų generatorių elektrinės arba mažųjų generatorių elektrinių parko prijungimo taške turi būti matuojami mažiausiai šie dydžiai:

1. tinklo įtampa;
2. mažųjų generatorių elektrinės (elektrinių parko) srovė;
3. mažųjų generatorių elektrinės gaminama aktyvioji galia;
4. mažųjų generatorių elektrinės vartojama reaktyvioji galia;
5. mažųjų generatorių elektrinės gaminama reaktyvioji galia;
6. mažųjų generatorių elektrinės perduodama į tinklą aktyvioji energija;

7. mažųjų generatorių elektrinės perkama iš tinklo aktyvioji energija;
8. mažųjų generatorių elektrinės parduodamoji į tinklą reaktyvioji energija;
9. mažųjų generatorių elektrinės perkamoji iš tinklo reaktyvioji energija.

Jei pardavimo ir gamybos galios sutampa, pakanka vieno apskaitos komplekto.

Prijungimo taško, prie kurio prijungtos elektrinės galia mažesnė kaip 1,0 MW, matavimo prietaisų tikslumo reikalavimai pateikti 11 lentelėje, o jei galia didesnė – 12 lentelėse.

11 lentelė. Iki 1,0 MW galios mažųjų generatorių elektrinės prijungimo taško matavimo prietaisams keliami metrologiniai reikalavimai

Matuojamosios įtampos vardinės vertės, kV	Elektros skaitiklių tikslumo klasės		Srovės matavimo transformatorių tikslumo klasės	Įtampos matavimo transformatorių tikslumo klasės
	Aktyviosios energijos skaitiklis	Reaktyviosios energijos skaitiklis		
0,4	1,0	2,0	0,5S	-
10–35	1,0	2,0	0,5S	0,5
≥ 110	0,5	1,0	0,2S	0,2

12 lentelė. Virš 1,0 MW galios mažųjų generatorių elektrinių prijungimo taško matavimo prietaisams keliami metrologiniai reikalavimai.

Matuojamosios įtampos vardinės vertės, kV	Elektros skaitiklių tikslumo klasės		Srovės matavimo transformatorių tikslumo klasės	Įtampos matavimo transformatorių tikslumo klasės
	Aktyviosios energijos skaitiklis	Reaktyviosios energijos skaitiklis		
10–35	0,5	1,0	0,2S	0,2
≥ 110	0,5	1,0	0,2S	0,2

Elektros energijos skaitiklių rodmenys turi būti perduoti taikant automatizuotos elektros energijos apskaitos sistemoje galiojančią tvarką, o nuotolinio matavimo duomenys: įtampos, srovės, aktyviosios ir reaktyviosios galios, perduodami nuolat, ir netiesinių iškreipimų bei mirgėjimo matuoklių signalai, perduodami epizodiškai, turi atitikti nuotolinių matavimų sistemoje galiojančią tvarką. Reikia numatyti galimybę kiekvieno matavimo rodmenis filtruoti.

Perdavimo tvarką ir duomenų svarbumo požymius užduoda tinklo operatorius. Rekomenduojama įprastinę informaciją pateikti pagal išorinę užklausą, o avarines reikšmes – pagal vietinio elektrinės valdiklio skaičiavimus iš karto.

Duomenys, kurie turi būti perduodami iš mažųjų generatorių elektrinių prijungimo taško į operatoriaus dispečerinio valdymo punktą, pateikti 13 lentelėje, o iš kiekvienos mažųjų generatorių elektrinės į operatoriaus dispečerinio valdymo punktą viena kryptimi ir atgal, pateikti 14 lentelėje.

13 lentelė. Duomenys, kurie turi būti perduodami iš prijungimo taško į operatoriaus dispečerinio valdymo punktą

Duomenys	Kiekis ir tipas
Komercinės apskaitos didelio tikslumo duomenys	
Per prijungimo tašką į tinklą parduodama aktyvioji energija, kWh	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką iš tinklo vartojama aktyvioji energija, kWh	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką į tinklą pateikiama reaktyvioji energija, kvarh	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką iš tinklo vartojama reaktyvioji energija, kvarh	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką į tinklą parduodama aktyvioji galia, kW	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką iš tinklo vartojama aktyvioji galia, kW	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką į tinklą pateikiama reaktyvioji galia, kvar	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką iš tinklo vartojama reaktyvioji galia, kvar	matuojamoji vertė
Prijungimo taško įtampa, kV	matuojamoji vertė
Per prijungimo tašką tekanti srovė, A	matuojamoji vertė
Netiesinių iškreipčių koeficientas prijungimo taške, % (epizodiškai)	matuojamoji vertė
Įtampos mirgėjimo aštrumo rodiklis (epizodiškai)	matuojamoji vertė

14 lentelė. Duomenys, kurie turi būti perduodami tarp mažųjų generatorių elektrinės ir tinklo operatoriaus dispečerinio valdymo punkto į abi puses

Duomenys	Kiekis ir tipas
Didžiausia galimos generuoti galios riba, iki (nuo)	4 būklių indikacija
Generuojamoji arba vartojamoji aktyvioji galia, ±kW	2 matuojamosios vertės
Reguliavimo greitis, kW/min	nustato vertė
Dažnio valdymas, leidžiamas (neleidžiamas)	4 būklių indikacija
Reguliavimo srities viršutinė ir apatinė dažnio ribos, Hz	2 nustato vertės
Nukrypusių nuo vardinio dažnių nejautrumo sritis, Hz	2 nustato vertės
Reaktyviosios galios valdymas, leidžiamas (neleidžiamas)	4 būklių indikacija
Vartojamoji arba generuojamoji reaktyvioji galia, ±kvar	2 matuojamosios vertės
Mažųjų generatorių elektrinės įjungimas (išjungimas)	4 būklių indikacija
Mažųjų generatorių elektrinė įjungta (išjungta)	būklė
Išjungta dėl per didelio mažųjų generatorių greičio	būklė
Išjungta perdavimo ar skirstomojo tinklo operatoriaus	būklė
Neveikia dėl pažaidos (apžiūros ir tvarkymo darbų)	būklė
Žemosios pusės įtampa, V	matuojamoji vertė
Mažųjų generatorių elektrinės atpažinimo numeris	18 skaitmenų žodis

Duomenų perdavimo sistemos ir jų pateikimui taikomi protokolai turi atitikti galiojančius standartus ir perdavimo bei skirstomajame tinkle taikomus susitarimus.

Mažųjų generatorių elektrinė turi siūsti jos būklę rodantį signalą ir jos pasikeitimo laiko žymę. Kartu su perdavimo tinklo operatoriaus siunčiamais signalais ir vietiniais matavimais (akimirksnio įtampa, dažnis ir mažųjų generatorių greitis) šis signalas turi būti mažųjų generatorių elektrinės valdymo dalis. Signalas ir jo pateikimo tvarka yra derinami su kiekvienos elektrinės savininku atskirai.

Projektuojant mažųjų generatorių elektrinių darbą mikrotinklo sąlygomis, turi būti numatyti mažųjų generatorių elektrinių informacinių sistemų tarpusavio sujungimui reikalingi įrenginiai, jų pastatymo vieta ir aptarnavimo sąlygos. Projektavimui reikalingus duomenis turi pateikti mikrotinklą eksploatuojančioji organizacija arba elektros tinklo operatorius.

IŠVADOS:

1. HE yra atsinaujinantis energijos šaltinis, kurio Lietuvoje panaudojimo resursai nėra panaudoti.
2. HE yra energijos gamybos verslas. HE statybai palankių vietų Lietuvoje jau nėra labai daug. Ypač didelius suvaržymus kelia žuvininkystės specialistai. Aplinkosaugos reikalavimai, energetikų nuomone yra perdėtai griežti.
3. Veikiančių HE elektros energijos supirkimas Lietuvos sistemos operatoriams yra privalomas, nes jos yra nacionalinio intereso dalis.
4. Ateityje, pasikeitus elektros energijos kainoms ir iškasamo kuro prieinamumui, HE bus vėl plačiai statomos.

LITERATŪRA:

1. DEKSNYS, R. P.; STANIULIS, R.; ŠULGA D., *Paskirstytos generacijos integracija į elektros energetikos sistemą ir įtaka energijos tiekimo patikimumui (Ataskaita)*. KTU, Elektros ir valdymo fakultetas, Elektros inžinerijos katedra, 2007 12 01, Kaunas.
2. BALČIŪNAS, P. *Mažosios hidroelektrinės techninių parametrų skaičiavimas*. Kursinis projektas. 2008. SU Elektros inžinerijos katedra,
3. ADOMAVIČIUS, V.; BALČIŪNAS, P. *Mažosios atsinaujinančių šaltinių elektrinės*. Kaunas: Technologija. 2003. 112 psl.
4. BURNEIKIS, J.; JABLONSKIS, J. *Mažosios hidroenergetikos panaudojimo galimybės Lietuvoje*. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas. 1998. 48 psl.
5. DZEDULIONIS, J. *Pakinkysim vandenį ir vėją*. Kaunas: Ūkininko patarėjas. 1995. 62 psl.
6. KNIURAS, A. *ELEKTROS TINKLAS SU 200 MW TERMOFIKACINE ELEKTRINE IR SKIRSTYKLOS ĮŽEMINIMAS*: bakalauro studijų baigiamasis darbas. KTU elektros sistemų katedra (Kaunas), 2007, 56 psl.
7. BALČIŪNAS, P. Hidroenergetikos darnios plėtros galimybės. *Lietuvos mokslų akademijos leidykla*. 2006 (žiūrėta 2009 04 30). Prieiga per internetą: http://images.katalogas.lt/maleidykla/Ener61/Ener028_035.pdf
8. DEKSNYS, R; STANIULIS, R. Elektros energijos skirstymo technologinės sąnaudos. *Lietuvos mokslų akademijos leidykla*. 2006 (žiūrėta 2009 04 30). Prieiga per internetą: http://images.katalogas.lt/maleidykla/Ener64/Ener031_036.pdf
9. Guide on how to develop a small hydro power plant. ESHA 2004, (žiūrėta 2009 05 01). Prieiga per internetą: <http://www.scribd.com/doc/7287554/Part-2-Guide-on-How-to-Develop-a-Small-Hydro-Power-Plant-Final2>
10. UAB „Verlso žinios“ *Lobis prie upelio*. 2004 06 07. Prieiga per internetą: <http://archyvas.vz.lt/news.php?id=223278&strid=1114&rs=0&ss=&y=2004%2006%2007>