



ELEKTROENERĢIJAS UZKRĀŠANAS SISTĒMU PROJEKTĒŠANAS UN IZBŪVES VADLĪNIJAS



LATVIJAS ELEKTROENERĢĒTIĶU UN ENERGOBŪVNIEKU ASOCIĀCIJA
Specializētais sertifikācijas centrs

1. versija 01.10.2025.

SATURA RĀDĪTĀJS

1. IEVADS	4
1.1. Vadlīniju mērķis	4
1.2. Piemērošanas joma	4
1.3. Definīcijas un saīsinājumi	4
1.4. Atsauce uz normatīvajiem aktiem un nozares standartiem	6
2. SISTĒMAS KOMPONENTI UN KONFIGURĀCIJA	8
2.1. Akumulatoru moduļi	8
2.2. Enerģijas pārveidošanas sistēma (PCS)	9
2.3. BESS Transformatoru apakšstacijas	9
2.4. Ventilācija / dzesēšana un ugunsdzēsības sistēmas	10
2.5. Modulārie konteineru risinājumi un nožogojumi	11
2.6. Komunikāciju un uzraudzības sistēmas	11
3. SISTĒMAS PROJEKTĒŠANAS (IZVĒLES) APSVĒRUMI	12
3.1. Vietas izvēle un novērtēšana	12
3.2. Lietošanas veidi (slodzes optimizācija, frekvences regulēšana, rezerves jauda u.c.)	13
3.3. Sistēmas plānošana	16
3.4. Tehnoloģiju izvēle (litija joni, LFP, plūsmas baterijas u.c.)	16
3.5. Integrācijas prasības ar elektroenerģijas tīklu	16
3.6. Enerģijas pārvaldības sistēma (EMS) un vadība	17
3.7. Zibens un pārspriegumaizsardzība	17
4. BŪVNIECĪBA	19
4.1. Būvdarbi un pamatu izbūve	19
4.2. Elektroinstalācijas prasības	19
4.3. Zibens un pārspriegumaizsardzības ierīkošana	20
4.4. Mehāniskā uzstādīšana	22
4.5. Kvalitātes kontrole un testēšana būvniecības laikā	22
4.6. Nodošana ekspluatācijā un pieņemšanas testēšana	23

5. EKSPLUATĀCIJA	24
5.1. Sistēmas ieslēgšanas un izslēgšanas procedūras	24
5.2. Slodzes pārvaldība un noslodzes režīmi	24
5.3. Integrācija ar SCADA un SSO, PSO	24
5.4. Veiktspējas uzraudzība un pārskati	25
5.5. Programmatūras un to atjauninājumi	25
5.6. Regulārās pārbaudes un preventīvā apkope	25
5.7. Eksploatācijas rādītāji un veiktspējas uzraudzība	25
5.8. Eksploatācijas pārtraukšana un dzīves cikla beigu plānošana	26
6. DROŠĪBA UN RISKA PĀRVALDĪBA	27
6.1. Ugunsgrēka atklāšana un dzēšana	27
6.2. Termiskās nestabilitātes (<i>thermal runaway</i>) novēršana	27
6.3. Rīcība ar bīstamajām vielām to pārstrāde	27
6.4. Ārkārtas situāciju procedūras	27
6.5. Kiberdrošība un datu aizsardzība	27
7. ELEKTROENERĢIJAS UZKRĀŠANAS SISTĒMAS MĀJSAIMNIECĪBĀM	28
BIBLIOGRĀFIJA	30
PIELIKUMI BESS iekārtu pieslēguma tipveida risinājumi	31

1. IEVADS

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma ar akumulatoriem (*Battery energy storage system (BESS)*) ir tehnoloģiskā sistēma, kas ļauj uzkrāt elektroenerģiju, lai to vēlāk varētu atgriezt elektroenerģijas tīklā elektroenerģijas patēriņa maksimuma brīžos. Uzkrātā elektroenerģija palīdz līdzsvarot elektroenerģijas pieprasījumu un piedāvājumu, vienlaikus nodrošinot frekvences stabilitāti. BESS izbūve ir svarīga arī, ņemot vērā paredzamo elektroenerģijas patēriņa kāpumu un elektroenerģijas izstrādes svārstīguma pieaugumu un Baltijas sinhronizāciju ar Eiropu.^{1,2}

Nākotnē elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmu nozīme tikai pieaugs, pateicoties jaunu tehnoloģiju attīstībai, izmaksu samazinājumam un globālajām ilgtspējīgas enerģijas prasībām.

Integrējot BESS energosistēmās un izmantojot elektroenerģijas uzkrāšanas tehnoloģijas energobūvniecībā, iespējams panākt stabilāku, drošāku un efektīvāku elektroapgādi.

1.1. Vadlīniju mērķis

Vadlīnijas paredzētas plašam profesionāļu un ieinteresēto personu lokam – speciālistiem un būvspeciālistiem elektroenerģētikas jomā, nekustamo īpašumu pārvaldītājiem un valdītājiem, valsts un pašvaldību institūcijām.

1.2. Piemērošanas joma

Vadlīnijas paredzētas plašam profesionāļu un ieinteresēto personu lokam – speciālistiem un būvspeciālistiem elektroenerģētikas jomā, nekustamo īpašumu pārvaldītājiem un valdītājiem, valsts un pašvaldību institūcijām.

1.3. Definīcijas un saīsinājumi

BESS | Battery Energy Storage System – elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma ar akumulatoriem, kas izmanto elektroķīmiskus akumulatorus elektroenerģijas uzkrāšanai un nodošanai tīklā.

ESS | Energy Storage System – enerģijas uzkrāšanas sistēma – vispārīgs termins, kas ietver arī mehāniskās, siltumenerģijas u.c. tehnoloģijas.

BMS | Battery Management System – akumulatoru automātiskā vadības sistēma, kas uzrauga temperatūru, spriegumu, uzlādes stāvokli un citus parametrus, nodrošinot drošu akumulatora darbību un aizsardzību.

EMS | Energy Management System – enerģijas pārvaldības sistēma, kas vada un optimizē akumulatoru uzlādes/izlādes stratēģijas, veic datu monitoringu.

PCS | Power Conversion System – enerģijas pārveidošanas sistēma, kas pārveido līdzstrāvu (DC) uz maiņstrāvu (AC) un otrādi.

SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition – uzraudzības vadības un datu ieguves sistēma, kas ļauj reāllaikā pārraudzīt un vadīt enerģētiskās iekārtas.

SoC | State of Charge – uzlādes līmenis, kas norāda, cik daudz enerģijas akumulatorā vēl pieejams, izteikts (%) no nominālās ietilpības.

DoD | Depth of Discharge – izlādes dziļums, procentuāli norāda, cik lielā mērā akumulatora uzkrātā enerģija ir iztērēta.

SoH | State of Health – akumulatora nolietojuma rādītājs, kas novērtē akumulatora atlikušās jaudas un veiktspējas attiecību pret jaunu akumulatoru.

¹ <https://ease-storage.eu/energy-storage/why-energy-storage/>

² www.latvenergo.lv

RTE | Round-Trip Efficiency – cikla efektivitāte, norāda, cik procenti no ievadītās enerģijas tiek atgūti pēc uzlādes/izlādes cikla.

Autonomā darbības uzsākšanas funkcija (black start) – raksturo enerģijas uzkrāšanas sistēmas spēju uzsākt darbību bez ārējas elektroapgādes.

Termiskā nestabilitāte (thermal runaway) – nestabils stāvoklis, kas rodas pastāvīgas sprieguma uzlādes laikā, kad siltuma izkliedēšanas spēja samazinās, izraisot nepārtrauktu temperatūras paaugstināšanos, kas savukārt izraisa uzlādes strāvas palielināšanos, kas noved pie akumulatora bojājuma (litija akumulatoram termiskā nestabilitāte var izraisīt tā kušanu).

Slodzes maksimumu samazināšana (peak shaving) – izmantojot uzkrāto enerģiju, lai samazinātu tīkla noslodzi un izmaksas.

FCR/aFRR/mFRR | frekvences regulēšanas režīmi – primārā, automātiskā sekundārā un manuālā regulēšana (balansēšanas/tirgus pakalpojumi).

UL 9540A – testēšanas metode, lai noteiktu ugunsizplatības risku (termisko nestabilitāti) BESS sistēmās.

LFP | Lithium Iron Phosphate, Lithium Ferrophosphate – litija dzelzs fosfāts (LiFePO_4) – litija jonu bateriju veids ar augstu termisko stabilitāti.

NMC | Nickel Manganese Cobalt – litija niķeļa mangāna kobalta oksīdi – augsta enerģijas blīvuma litija jonu bateriju veids.

VRFB | Vanadium Redox Flow Battery – plūsmas baterija, kuras elektrolīts satur vanādiiju.

SSO – Sadales sistēmas operators

PSO – Pārvades sistēmas operators

Zibensaizsardzības sistēma (lightning protection system LPS) – vienota sistēma, ko izmanto, lai samazinātu fiziskos bojājumus, kādus būvei var nodarīt zibensizlāde.

Ārējā zibensaizsardzības sistēma (external lightning protection system) – zibensaizsardzības sistēmas daļa vai atsevišķa sistēma, kurā ir zibens uztvērējsistēma, zibens novedējsistēma un zibens zemētājsistēma.

Iekšējā zibensaizsardzības sistēma (internal lightning protection system) – zibensaizsardzības sistēmas daļa, kas sastāv no potenciālu izlīdzinātājsvienojumiem un/vai elektriskās izolācijas attiecībā pret ārējo zibensaizsardzības sistēmu.

Zibens uztvērējsistēma (air-termination system) – ārējās zibensaizsardzības sistēmas daļa, kurā tiek izmantoti tādi metāla elementi, kā stieņi, troses vai režģi, kas paredzēti zibens tiešai uztveršanai.

Zibens novedējsistēma (down-conductor system) – ārējās zibensaizsardzības sistēmas daļa, kas paredzēta zibensstrāvas novadīšanai no zibens uztvērējsistēmas līdz zemētājsistēmai.

Zibens zemētājsistēma (earth-termination system) – ārējās zibensaizsardzības sistēmas daļa, kas paredzēta zibensstrāvas novadīšanai un izkliedēšanai zemē.

Zibensizlādes potenciālu izlīdzināšana (lightning equipotential bonding) – zibensaizsardzības sistēmas tieša vai ar pārspriegumaizsardzības ierīcēm pastarpināta savstarpēji saistīta metāla daļu savienošana, kas paredzēta zibensstrāvas izraisītās potenciālu starpības samazināšanai.

Potenciālu izlīdzinātājkopne PIK (bonding bar) – metāla kopne, kurai var tikt pievienotas instalācijas metāla daļas, ārējās vadītājsdaļas, kā arī elektroapgādes, telekomunikāciju un citas ar zibensaizsardzības sistēmu saistītās līnijas.

Potenciālu izlīdzinātājavads (bonding conductor) – vads, ar kuru savstarpēji nesaistītas vadītājsdaļas pievieno zibensaizsardzības sistēmai.

1.4. Atsauce uz normatīvajiem aktiem un standartiem

Likumi

«Aizsargjoslu likums», izdots 05.02.1997.

«Elektroenerģijas tirgus likums», izdots 05.05.2005.

Ministru kabineta noteikumi

Nr. 238	«Ugunsdrošības noteikumi», izdoti 19.04.2016.
Nr. 253	«Atsevišķu inženierbūvju būvnoteikumi», izdoti 09.05.2017.
Nr. 294	«Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 261-15 «Ēku iekšējā elektroinstalācija»», izdoti 09.06.2015.
Nr. 364	«Būvkonstrukciju projektēšanas būvnormatīvs LBN 217-24», izdoti 18.06.2024.
Nr. 397	«Minimālās kiberdrošības prasības», izdoti 25.06.2025.
Nr. 574	«Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 008-14 «Inženiertīklu izvietojums»», izdoti 30.09.2014.
Nr. 821	«Noteikumi par atļaujām jaunas elektroenerģijas ražošanas iekārtas ieviešanai vai elektroenerģijas ražošanas jaudas palielināšanai», izdoti 19.12.2023.
Nr.1041	«Noteikumi par obligāti piemērojamo energostandartu, kas nosaka elektroapgādes objektu ekspluatācijas organizatoriskās un tehniskās drošības prasības», izdoti 08.10.2013.

Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmumi

Nr.1/4	«Tīkla kodekss elektroenerģijas nozarē»
--------	---

Latvijas standarti

LVS HD 60364 sērija	Zemsprieguma elektroietais.
LVS HD 60364-4-442:2012	Zemsprieguma elektroietais. 4-442. daļa: Drošuma aizsarglīdzekļi. Zemsprieguma elektroietaišu aizsardzība pret pārspriegumiem, kurus izraisa zemesslēgumi augstsprieguma sistēmā un bojājumi zemsprieguma sistēmā (IEC 60364-4-44:2007 (442. punkts), modificēts)
LVS EN IEC 62305-1:2024	Zibensaizsardzība. 1.daļa: Vispārīgie principi (IEC 62305-1:2024)LVS EN IEC 62305-2:2024Zibensaizsardzība. 2.daļa: Riska pārvaldība (IEC 62305-2:2024)
LVS EN IEC 62305-3:2024	Zibensaizsardzība. 3.daļa: Aizsardzība pret būvju bojājumiem un dzīvības briesmām (IEC 62305-3:2024)
LVS EN IEC 62305-4:2024	Zibensaizsardzība. 4.daļa: Būvēs ierīkotas elektriskās un elektroniskās sistēmas (IEC 62305-4:2024)
LVS EN 50522:2022	Maiņstrāvas elektroietaišu ar nominālo spriegumu virs 1 kV zemēšana

LVS EN IEC 62619:2022	Akumulatori un elementi ar sārma vai citādu bezskābes elektrolītu. Drošuma prasības industriāla lietojuma litija akumulatoriem un elementiem (IEC 62619:2022)
LVS EN IEC 62933-5-2:2020	Elektriskās enerģijas uzkrāšanas (ESS) sistēmas. 5-2.daļa: Drošuma prasības tīklā integrētām EES sistēmām. Elektroķīmiskās sistēmas (IEC 62933-5-2:2020)
LVS EN 61643 sērija	Zemsprieguma pārspriegumaizsardzības ierīces.LVS EN 12416 sērijaStacionārās ugunsdzēsības iekārtas.

LEK Energostandarti

LEK 123 | Elektroenerģijas uzskaites ierīkošanas noteikumi

2. SISTĒMAS KOMPONENTI UN KONFIGURĀCIJA

2.1. Akumulatoru moduļi

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmu pamatā ir litija dzelzs fosfāta (LFP) akumulatoru modulis. Piemēram, CATL EnerC+, kas tiek izvietots konteinera formātā. Katra akumulatoru konteinera ietilpība sasniedz līdz 4,3 MWh, un to darbība ir sertificēta saskaņā ar LVS EN IEC 62619 un UL 9540A. Moduļi tiek montēti uz konstrukcijām ar integrētu dzesēšanu un aizsardzības sistēmām, nodrošinot augstu blīvumu un drošību.

Akumulatoru moduļi un tipiskie parametri

Modulis sastāv no atsevišķām šūnām, savienotām virknē vai paralēli, tipiski 12 – 20 šūnas vienā modulī. Visbiežāk izmantots LFP (LiFePO_4) tehnoloģijas tips. Katram modulim jābūt aprīkotam ar temperatūras un sprieguma sensoriem un jāpievieno BMS, kas nodrošina to uzraudzību un aizsardzību.

TIPISKIE PARAMETRI:

Parametrs	Vērtība (piemērs – LFP modulis)
Nominālais spriegums	51,2 V
Kapacitāte	100–280 Ah
Enerģija vienā modulī	5–15 kWh
Svars	30–80 kg
IP klase	IP20–IP54

Ugunsdrošība un marķēšana

MARĶĒJUMS: katram akumulatora modulim jābūt skaidri marķētam ar sērijas numuru, kapacitāti un atbilstošo klasifikāciju, piemēram, UN3480 (litija baterijas).

UGUNSDROŠĪBAS STARPSIENAS: jāparedz konstrukcijā starpsienas starp 2 – 3 statīvu rindām, lai ierobežotu uguns izplatību.

UGUNSGRĒKA ATKLĀŠANA: katrs akumulatora kontainers aprīkots ar dūmu un temperatūras detektoriem, kā arī udeņraža sensoriem, kas savlaicīgi nosaka termiskās nestabilitātes risku.

UGUNSDZĒSĪBAS SISTĒMAS: integrēta daudzpakāpju dzesēšanas stratēģija.

TRAUKSMES BRĪDINĀJUMS – vizuāla un akustiska signalizācija (sirēnas, stroboskopi).

VENTILĀCIJAS AKTIVIZĀCIJA – dūmu un gāzu novadīšana, lai mazinātu sprādziena risku (atbilstoši NFPA 69).

AEROSOLA VAI GĀZES DZĒŠANAS SISTĒMA – Stat-X, Novec 1230 vai līdzvērtīga tehnoloģija dzēs sākotnējo uguns perēkli.

ŪDENS MIGLAS/SAUSO CAURUĻVADU SISTĒMA – ugunstālākas izplatības ierobežošanai.

SPRĀDZIENDROŠĪBA: katram modulim ir spiediena atvieglošanas vārsts (*Explosion-proof valve*) un dūmgāzu izvads ārpus skapja.

MATERIĀLI UN KONSTRUKCIJA: konteineru sienas un moduļu korpusi izgatavoti no liesmu slāpējošiem materiāliem, ar IP55 aizsardzības klasi (mitruma un putekļu novēršanai).

Papildus drošība:

- Videonovērošana un piekļuves kontrole (saskaņā ar MK noteikumiem par ugunsdrošību).
- Automātiska avārijas atslēgšanās BMS vadībā, ja tiek konstatēta pārkāršana, īssavienojums vai pārlādēšana.

Standarti: jānodrošina atbilstība **LVS EN IEC 62619, UL 9540A, NFPA 855**, kā arī **Latvijas ugunsdrošības noteikumiem (MK Nr. 238)**.

Piemērs: **CATL AKUMULATORU STATĪVI (EnerC+)**

Rādītājs	Vērtība
Moduļu skaits statīvā	līdz 8
Kopējā enerģija	līdz 120 kWh
Savienojums ar BMS	CAN (vai Modbus)
Statīva izmērs (HxWxD)	apm. 2.0 × 0.6 × 0.8 m
Uguns aizsardzība	Integrēta dzēšanas kapsula + siltuma sensors

2.2. Enerģijas pārveidošanas sistēma (PCS)

Enerģijas pārveidošanas sistēma (*Power Conversion System, PCS*) ir centrālais BESS komponents, kas pārveido elektroenerģiju no līdzstrāvas (DC), kas nāk no akumulatoriem, uz maiņstrāvu (AC) elektroenerģijas tīkla vajadzībām – un otrādi. PCS darbojas kā divvirzienu invertors (*bi-directional inverter*), ļaujot gan uzlādēt akumulatorus no tīkla, gan nodot uzkrāto elektroenerģiju atpakaļ tīklā vai iekšējā tīkla slodzē.

Galvenās funkcijas:

- DC/AC konversija – pārveido līdzstrāvu no akumulatoriem uz tīkla sprieguma maiņstrāvu (un otrādi).
- Tīkla sinhronizācija – nodrošina sprieguma, frekvences un fāzes atbilstību tīkla parametriem.
- Reaktīvās jaudas kompensācija – atsevišķi PCS modeļi spēj piedalīties sprieguma regulēšanā tīklā.
- Autonomā darbības uzsākšanas funkcija – dažas sistēmas spēj uzsākt darbību pilnīgā izolācijā no tīkla.
- Aizsardzības funkcijas – ietver pārsprieguma, zemesslēgums, strāvas ierobežojumu un termisko aizsardzību.

2.3. BESS transformatoru apakšstacijas

BESS transformatoru apakšstacijas kalpo kā BESS invertoru jaudu apvienošanas punkts pirms sprieguma līmeņu pielāgošanas / pārveidošanas starp akumulatoru / invertoru sistēmu un elektrotīklu pie kura BESS tiks pieslēgts (skat. 5.3. nodaļu). Transformatoru apakšstacijās tiek nodrošināta arī BESS komutācija, aizsardzība pret īsslēgumiem, pārslodzi un tīkla parametru svārstībām. BESS transformatoru apakšstacijas parasti arī ietver BESS uzraudzības un vadības sistēmas, lai BESS strādātu atbilstoši tās lietošanas veidam (skat. 3.2. nodaļu).

Izbūvējot BESS transformatoru apakšstaciju, svarīgi ņemt vērā sistēmas operatoru norādījumus, lai BESS varētu pieslēgt tīklam. Papildus uzmanība jāpievērš kabeļu šķēsgriezumu izvēlei, kvalitatīvai kabeļu pievienojumu montāžai, kabeļu un iekārtu izdalītajam siltumam, kas ietekmē BESS transformatoru apakšstaciju ugunsdrošību.

2.4. Ventilācija / dzesēšana un ugunsdzēsības sistēmas

Akumulatoru darbība prasa precīzu temperatūras uzturēšanu un ventilācijas kontroli. Konteineri aprīkoti ar aktīvo dzesēšanas sistēmu (gaisa vai šķidruma), temperatūras kontroli nodrošina BMS.

Ventilācija un dzesēšana

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmās, īpaši tām, kuras izmanto litija jonu akumulatorus, ventilācijas un dzesēšanas sistēmu pareiza projektēšana ir kritiski svarīga ilgtermiņa darbībai un drošībai. Iespējami dažādi dzesēšanas veidi: pasīvā, aktīvā, šķidruma (piemērota lielas jaudas >1 MW sistēmām) un kombinētā (gaisa + šķidruma dzesēšana intensīvām vai karstām vidēm).

Projektējot jānodrošina temperatūras uzturēšana akumulatoru darba zonā 15 – 30°C; temperatūras starpība starp moduļiem <5°C; apkures sistēma ārējās zonās ar -15°C un zemāk. Eksploatācijas laikā nepieciešama gaisa filtru apkope ik pēc 3–6 mēnešiem.

Ugunsgrēka atklāšanas un trauksmes signalizācijas sistēmas, un ugunsdzēsības sistēmas

Litija jonu akumulatoriem raksturīga termiskā nestabilitāte, kas var izraisīt aizdegšanos. Tāpēc nepieciešamas ugunsgrēka atklāšanas un trauksmes signalizācijas sistēmas komponentes: dūmu un temperatūras detektori; gāzes vai aerosola ugunsdzēsības sistēma (Stat-X, Novec 1230, N₂); lokālā automātiskā dzesēšana un trauksmes signāli SCADA sistēmā.

Prasības ekspluatācijai: autonoma darbība bez cilvēka iejaukšanās; trauksmes signāls ≤30 s pēc dūmu vai siltuma rašanās; SCADA integrācija ar nepārtrauktu uzraudzību. Jānodrošina atbilstība LVS EN 12416 sērijas standartiem, savukārt papildus drošības līmeņa paaugstināšanai kā labā prakse ieteicama NFPA 855 un UL 9540A, UN 38.3 standartu prasību ievērošana.

IETEICAMIE PAPILDUS DROŠĪBAS ELEMENTI:

1. Iekšējā aizsardzība pret pārkaršanu un aizdegšanos

- Katrs akumulatora modulis ir aprīkots ar temperatūras sensoriem, kas nepārtraukti uzrauga šūnu un moduļa temperatūru.
- BMS (*Battery Management System*) veic agrīnu anomāliju atpazīšanu (pārkaršana, pārlādēšana, īssavienojums) un atslēdz bojāto daļu.
- Ir paredzēta automātiska sistēmas atslēgšana avārijas gadījumā, lai ierobežotu ķēdes reakciju.

2. Sprādzienbīstamības novēršana

- Katram moduļa blokam ir sprādziendrošības vārsts (*Explosion-proof valve*), kas kontrolēti izlaiž spiedienu, ja rodas gāzu uzkrāšanās.
- Gāzes tiek novadītas ārpus skapja ar dūmgāzu izvadu (*exhaust flue*), tā samazinot uzliesmošanas risku iekšējās telpās.
- Konstrukcijā izmantoti liesmu slāpējoši materiāli, kas ierobežo uguns izplatīšanos.

3. Ārējā aizsardzība un ugunsdzēsība

- Sistēmā integrēta gāzes tipa ugunsdzēsības sistēma (piemēram, aerosola vai Novec 1230), kas automātiski aktivizējas, reaģējot uz temperatūras paaugstināšanos vai dūmu klātbūtni.
- Ārējais skapja korpuss ir ar IP55 aizsardzības klasi, kas novērš ūdens un putekļu iekļūšanu, samazinot īssavienojuma risku.
- Ugunsdroši atdalītas telpas norobežojošai būvkonstrukcijai jāatbilst būvniecību regulējošo normatīvo aktu prasībām.
- Videonovērošana un piekļuves kontrole atbilstoši normatīvo aktu prasībām.

4. Standartu atbilstība

- BESS atbilst LVS EN IEC 62619 (drošuma prasības industriāla lietojuma litija akumulatoriem un elementiem).
- Konstrukcija ir paredzēta, lai atbilstu vietējiem ugunsdrošības noteikumiem (LVS EN IEC 62933-5-2:2020).

2.5. Modulārie konteineru risinājumi un nožogojumi

Modulārie konteineru risinājumi

BESS sistēmu izvietošanai bieži izmanto rūpnieciski sagatavotus konteineru moduļus, kas nodrošina ātru uzstādīšanu, augstu mobilitāti un ražotnē iepriekš samontētu un pārbaudītu aprīkojumu. Šādu risinājumu projektēšana un izbūve jāveic atbilstoši ražotāja tehniskajām prasībām un rekomendācijām.

Nožogojumi un drošības zonas

Lai nodrošinātu fizisku un operatīvu aizsardzību, BESS iekārtu teritorija jānorobežo atbilstoši elektro-drošības un drošības prasībām. Minimālās prasības: Perimetra žogs vismaz 2 m augstumā, ar pretuzkāpšanas konstrukciju; Piekļuves kontrole (mehāniskās slēdzenes, RFID, kodu paneļi); Brīdinājuma zīmes.

Ieteicamie papildinājumi (atkarībā no atrašanās vietas):

- Publiskās vietās: videonovērošana, kustības sensori, ārējais apgaismojums;
- Riska teritorijās: absorbējošas barjeras, ugunsdzēsības aparāti, drošības instrukcijas uz vietas.

2.6. Komunikāciju un uzraudzības sistēmas

Efektīva komunikāciju un uzraudzības sistēma ir būtiska drošai, optimizētai un kontrolētai BESS sistēmas darbībai. Tās mērķis ir nodrošināt datu plūsmu starp visām BESS sastāvdaļām, sistēmas operatoru un enerģijas tirgus vai tīkla vadības centriem. Šo sistēmu esamība ļauj uzraudzīt un vadīt BESS sistēmas attālināti un analizēt vēsturiskos datus.

3. SISTĒMAS PROJEKTĒŠANAS (IZVĒLES) APSVĒRUMI

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmu ar akumulatoriem (BESS) projektēšanas procesā jāņem vērā tehniskie, ekonomiskie, ekspluatācijas un drošības aspekti, kas nodrošina ilgtspējīgu, efektīvu un normatīvi atbilstošu risinājumu. Šī sadaļa apkopo galvenos izvēles faktoros un to pielietojumu.

3.1. Vietas izvēle un novērtēšana

Vides un ģeoloģiskā piemērotība

BESS uzstādīšanai būtiski ir izvēlēties vietu, kas ir neapplūstoša un ar stabilu grunts pamatu (jāveic ģeotehniskā izpēte, piemēram, saskaņā ar LBN 217-24, lai noteiktu nestspēju un nepieciešamos pamatu tipus). Ieteicams izvērtēt biotopu vai aizsargājamu teritoriju klātbūtni. Potenciāli nepieciešams sākotnējais ietekmes uz vidi novērtējums. Ja vieta atrodas pie jūras, papildus jāparedz konteineru IP aizsardzības klase vismaz IP65 un jānovērš gaisa mitruma kondensācija konteinerā, kā arī jāparedz metāla konstrukciju aizsardzība pret sāls iedarbību.

Elektrotīkla infrastruktūras pieejamība

Attālums līdz pieslēguma punktam tieši ietekmē kabeļu izbūves izmaksas. Tīkla kapacitātes novērtējumam nepieciešams saņemt tehniskos noteikumus no sistēmas operatora. Elektrotīkla sprieguma līmenim jāatbilst invertoru un transformatoru prasībām. BESS enerģijas plūsmas nedrīkst tīklā radīt pārspriegumus un frekvences novirzes.

Zemes izmantošana un teritorijas plānojums

Izvēlēties vietu, kur jau pieejama zeme ar piemērotu statusu (piemēram, brīvā rūpnieciskā/enerģētikas teritorija). Jāpārbauda pašvaldību teritorijas plānojumā, vai atļauts enerģētikas objekts un vai tiks ievērotas minimālā attāluma prasības no dzīvojamām ēkām, sabiedriskām ēkām, ūdenstilpnēm utt. Jāizvērtē inženierkomunikāciju pieejamība.

Pieejamība un loģistika

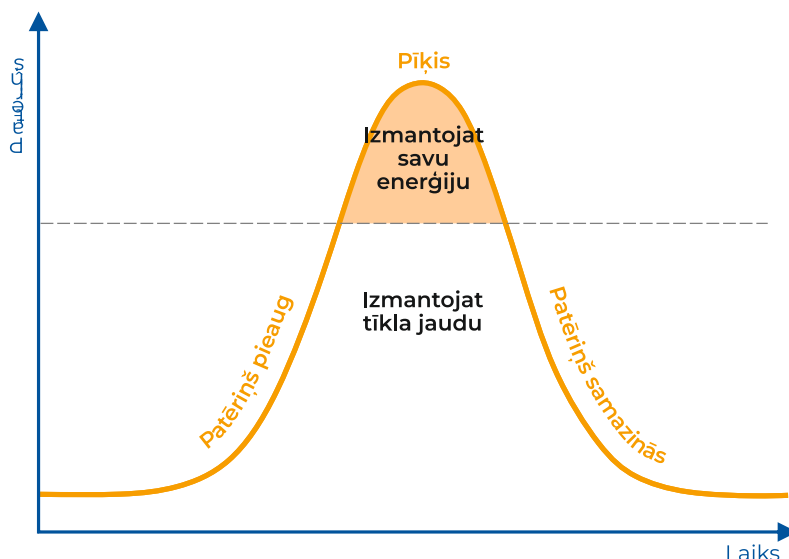
Nepieciešami ceļi, kas nodrošina piekļuvi ar smago tehniku un jānodrošina šo ceļu uzturēšana ziemā, kā arī lietainā laikā to stabilitāte. Uzstādīšanas laukumam jābūt pietiekamam konteineru, invertoru un transformatoru uzstādīšanai, kā arī apkopes veikšanai.

3.2. Lietošanas veidi (slodzes optimizācija, frekvences regulēšana, rezerves jauda u.c.)

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmas ar akumulatoriem (BESS) sniedz daudzpusīgus lietojuma veidus visiem elektroenerģijas sistēmas dalībniekiem. Zemāk apkopoti galvenie BESS pielietojuma virzieni ar praktiskiem piemēriem.

Slodzes optimizācija (*Peak Shaving*)

BESS sistēma tiek izmantota, lai samazinātu elektroenerģijas patēriņa maksimumus, kas nosaka komerciālā lietotāja rēķina mainīgo daļu.

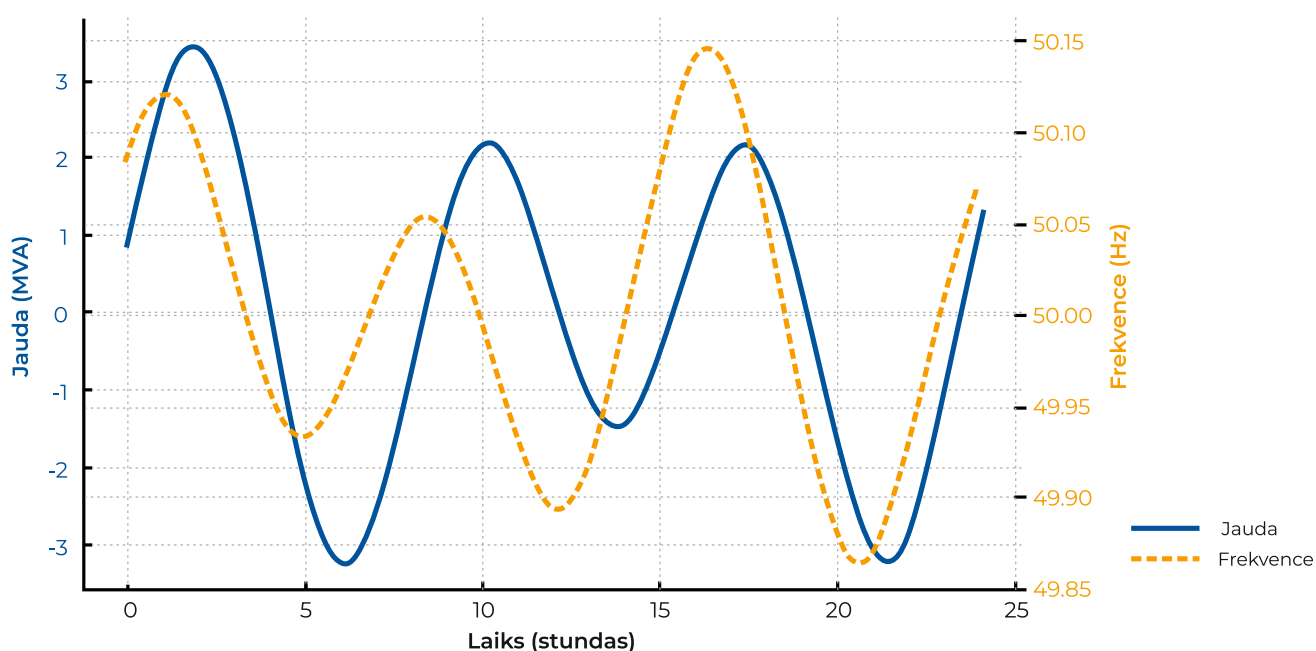


PIEMĒRS:

Noliktavas patēriņa slodze līdz 400 kW dienas laikā, bet naktī tikai 100 kW. BESS (500 kWh) tiek uzlādēts naktī un izlādes laikā samazina pīķi līdz 150 kW.

Frekvences regulēšana

BESS izmantošana frekvences regulēšanas pakalpojumu (FCR, aFRR, mFRR) sniegšanai var nodrošināt elektroenerģijas sistēmas stabilitāti.

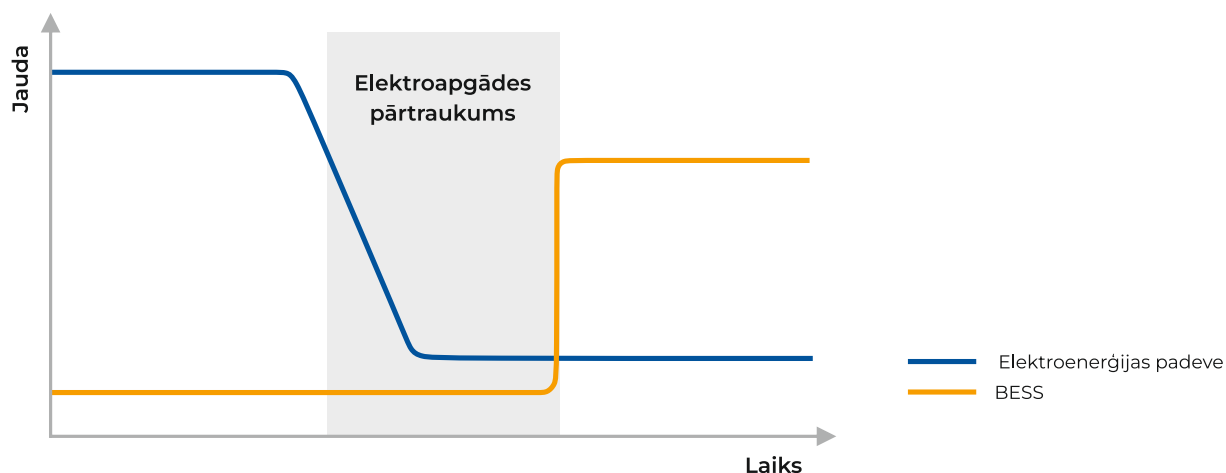


PIEMĒRS:

1 MW BESS ar 2 MWh kapacitāti aktivizējas pie frekvences novirzes uz 49.8 Hz, nodrošinot 1 MW izlādi.

Rezerves jauda (*Backup Power*)

BESS darbojas kā automātiska avārijas barošanas sistēma elektroapgādes pārtraukumu gadījumā.

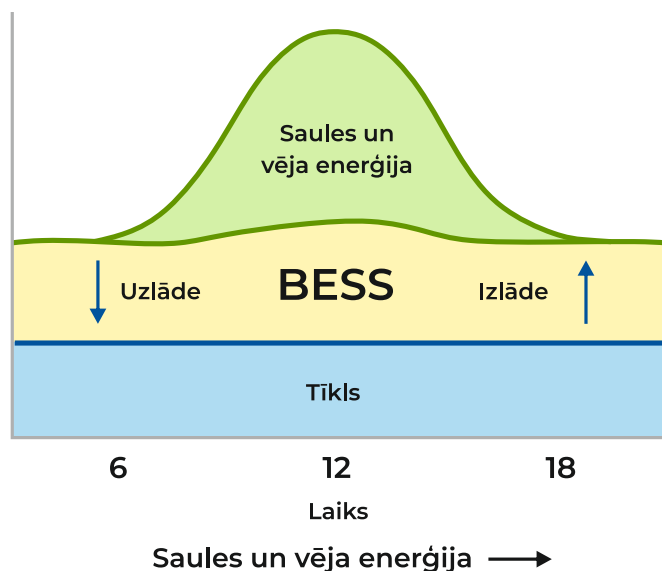


PIEMĒRS:

Slimnīcas datu centrs ar 1.5 MWh BESS nodrošina 15 stundas autonomiju 100 kW patēriņam.

Atjaunojamo avotu integrācija

BESS tiek savienots ar saules vai vēja elektrostaciju, piemēram, mājāsaimniecībā, lai uzkrātu saražoto enerģiju un palielinātu pašpatēriņa līmeni.

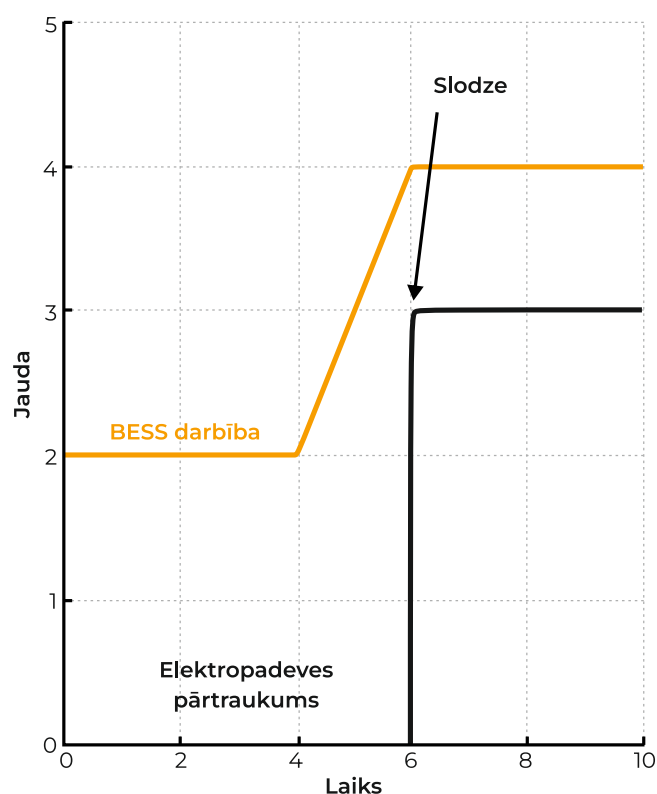


PIEMĒRS:

Privātmāja ar 10 kWp saules staciju un 20 kWh BESS sasniedz 80% pašpatēriņa līmeni.

Autonomā darbības uzsākšanas funkcija (*Black Start*)

BESS spēj uzsākt elektroapgādi bez ārēja tīkla sprieguma, atjaunojot tīklu pēc avārijas.

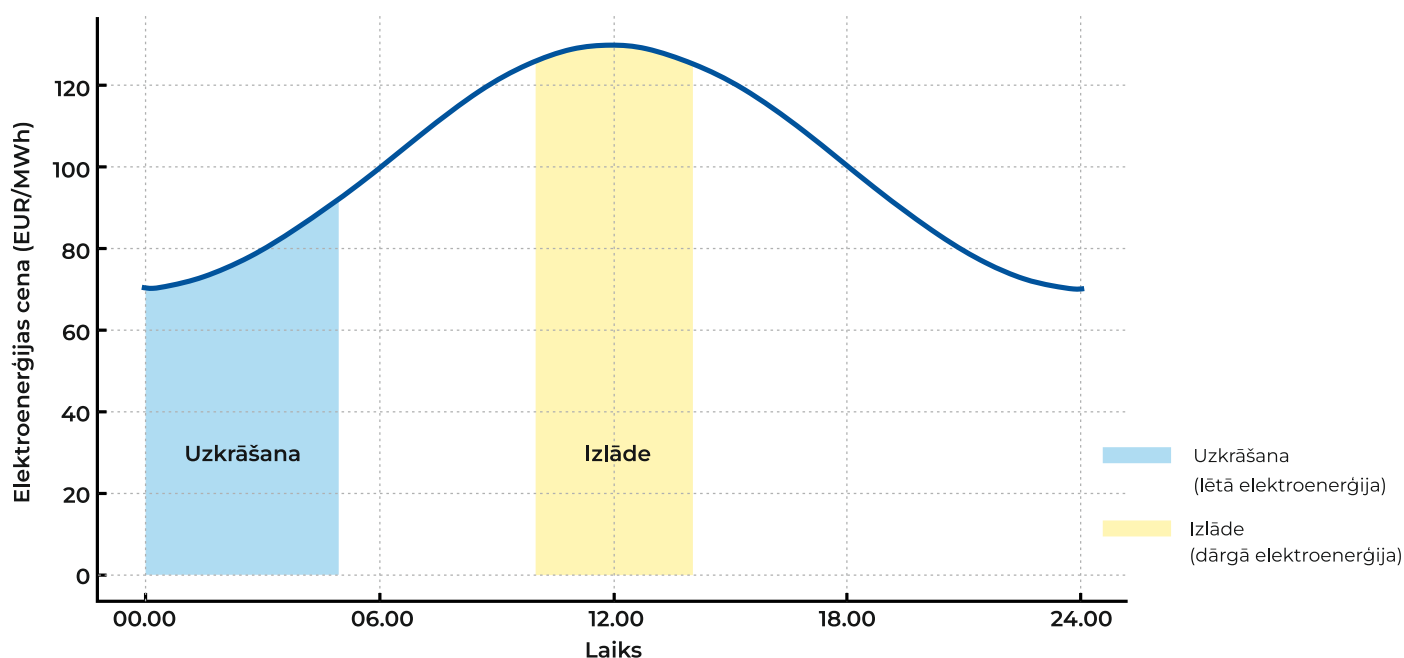


PIEMĒRS:

Apakšstacijā ar 3 MW BESS iespējama invertora sinhronizācija pēc pilnas atslēgšanās.

Enerģijas arbitrāža (*Energy Arbitrage*)

Sistēma uzkrāj enerģiju zemo tarifu stundās un izvada tīklā augsto tarifu stundās – tirgus cenu starpību izmantošanai.



3.3. Sistēmas plānošana

Ja vidējais dienas patēriņš ir 1200 kWh un nepieciešama 2 stundu autonomija ārkārtas situācijām ar 500 kW jaudu, tad:

- Minimālā nepieciešamā kapacitāte = $500 \text{ kW} \times 2 \text{ h} = 1000 \text{ kWh}$
- Ar 90% DoD: $1000 / 0.9 \approx 1111 \text{ kWh}$
- Ar uzlādes efektivitāti 85%: $1111 / 0.85 \approx 1307 \text{ kWh}$

Ja BESS tiek ekspluatēta tirgus arbitrāžai, nepieciešams izvērtēt izlādes jaudas dinamiku un uzlādes logus saskaņā ar Nord Pool tirgus grafiku.

3.4. Tehnoloģiju izvēle (litija joni, LFP, plūsmas baterijas u.c.)

Šajā sadaļā apkopotas galvenās elektroenerģijas uzkrāšanas tehnoloģijas, kas tiek izmantotas pasaulē dažādos BESS risinājumos, iekļaujot to priekšrocības, trūkumus un tipiskos lietojuma veidus.

Tehnoloģija	Enerģijas blīvums (Wh/L)	Kalpošanas laiks (cikli)	DoD (%)	Ugunsgrēka izcelšanās iespējamība	Piemērots lietojums
Litija joni (NMC)	250 - 700	4000 - 6000	80 - 90	Augsta	Mobilie lietojumi, FCR arbitrāža
Litija dzelzs fosfāts (LFP)	150 - 300	6000 - 8000	90 - 95	Zema	Tīkls, industriāli risinājumi
Plūsmas baterijas (redox flow batteries)	30 - 50	10 000+	100	Ļoti zema	Ilgstoša uzglabāšana (>4h)
Svina - skābes (AGM, GEL)	80 - 100	500 - 1500	50 - 70	Augsta	Mazjaudas rezerves jauda
Nātrija sēra (NaS)	150 - 240	2500 - 4000	80 - 90	Ļoti augsta	Liela mēroga sistēmas
Cietvielu litija baterijas	300 - 500 (teorētiski)	10 000+	90+	Ļoti zema	Attīstības stadijā, nākotnes tirgi

Piezīme: Enerģijas blīvums, kalpošanas laiks un drošība var atšķirties atkarībā no ražotāja, ekspluatācijas apstākļiem un izmantošanas režīma. Plūsmas baterijas un nātrija bāzētās tehnoloģijas piedāvā labu ilgtspējību, savukārt litija tehnoloģijas dominē tirgū cenas, kompaktuma un ātras reakcijas dēļ.

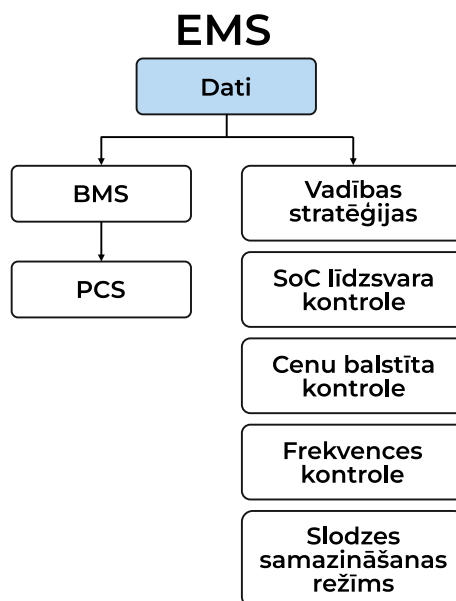
3.5. Integrācijas prasības ar elektroenerģijas tīklu

Jānodrošina atbilstība standartiem, kā arī vietējiem elektroenerģijas sistēmas operatoru tehniskajiem noteikumiem.

3.6. Enerģijas pārvaldības sistēma (EMS) un vadība

EMS galvenās funkcijas:

- Slodzes un jaudas kontrole (uzlādes/izlādes komandas)
- SOC/SoH balansēšana
- Avārijas režīmu pārvaldība (autonomā darbības uzsākšanas funkcija, salas režīms)
- Datu apkopošana un kļūdu reģistrācija
- Integrācija ar SCADA, BMS, PCS
- Tīrģus algoritmu vadība: arbitrāža, FCR, **slodzes optimizācija**



3.7. Zibens un pārsprieguma aizsardzība

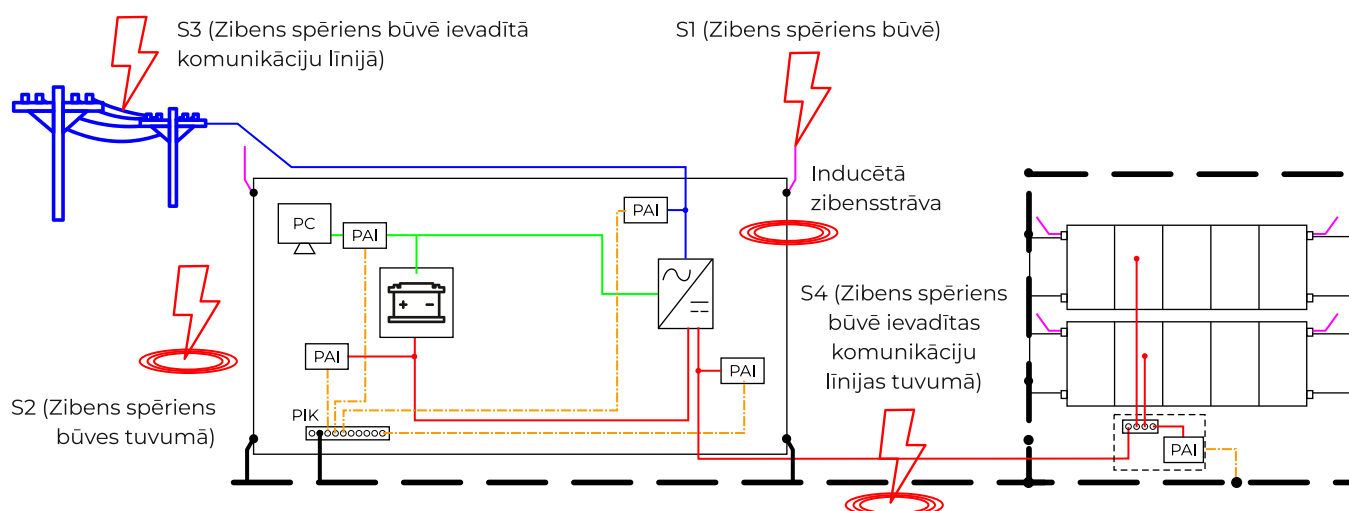
Zibensaizsardzības sistēmas nepieciešamība

Zibensizlāde ir viens no bīstamākajiem elektroinstalācijas draudiem, jo atmosfēras izlādes negaisa laikā var sasniegt pat vairākus simtus kiloampēru. Elektroinstalācijas bojājumi var rasties no tiešas vai netiešas zibensizlādes. Turklāt netiešas zibensizlādes sekas var būt jūtams pat 2 km attālumā no zibensizlādes vietas. Zibensizlādes radītie pārspriegumi ievērojami pārsniedz elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmās esošās elektronikas un elektronisko sakaru sistēmu dielektrisko izturību. Tiešas zibensizlādes rezultātā var tikt izkausēts caurums metāla konteinerā jumtā, kas var veicināt nevēlamu mitruma iekļūšanu konteinerā. Rezultātā neatgriezeniski var tikt bojātas elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmas komponentes, kuru nomaiņai vai remonts prasa ievērojamus finansiālos un laika resursus. Mūsdienās, neskatoties uz tehnoloģiskajiem uzlabojumiem, neviena ierīce nespēj novērst zibens veidošanos. Tomēr pareizi, atbilstoši LVS EN IEC 62305 sērijas standartiem, ierīkota zibens un pārsprieguma aizsardzība (ZPA) spēj samazināt potenciālos bojājumus līdz minimumam. Lai nodrošinātu efektīvu ZPA ir nepieciešama koordinēta zibens uztvērējsistēma, zemētājsistēma, potenciālu izlīdzināšana, kā arī elektrisko un elektronisko sakaru sistēmu pārsprieguma aizsardzība.

Zibensaizsardzības sistēmas projektēšana

Zibensizlāde elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmu projektēšanas stadijā ir jāizvērtē zibensaizsardzības sistēmas nepieciešamība un zibensaizsardzības klase. Atbilstoši LBN 261-15 «Ēku iekšējā elektroinstalācija» zibensaizsardzību obligāti paredz trešās grupas ēkās. Pārējos gadījumos zibensaizsardzības ierīkošanas nepieciešamību nosaka, ņemot vērā būves raksturlielumus un riska kritērijus, kas noteikti piemērojamā standartā LVS EN IEC 62305-2:2024 «Zibensaizsardzība. 2.daļa: Riska pārvaldība (IEC 62305-2:2024)».

Iespējamie zibensizlādes bojājumu avoti elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmai ar akumulatoriem redzami 3.7.1. attēlā.



3.7.1. att. Zibensizlādes bojājumu avoti elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmām ar akumulatoriem

Zibensaizsardzības projektēšanas vadlīnijas dotas LVS EN IEC 62305-3:2024 D pielikumā.

Pārspriegumaizsardzības nepieciešamība un prasības

Zibensizlādes laikā vadītājos inducējas bīstami pārspriegumi, lai novērstu šo pārspriegumu radītos bojājumus, nepieciešams pirms aizsargājamās iekārtas uzstādīt pārsprieguma aizsardzības ierīci (PAI). Izvēloties PAI jāņem vērā kādā tīklā tā tiek uzstādīta – līdzstrāvas, maiņstrāvas vai elektronisko sakaru sistēmas.

Elektroenerģijas uzkrājošo sistēmu iekārtām ir salīdzinoši zems izturspriegums, tāpēc PAI lietošana ir ieteicama neatkarīgi no riska analīzes. PAI jāuzstāda iespējami tuvāk kabeļu ievadiem konteinerā vai ēkā kurā atrodas elektroenerģijas uzkrājošo sistēmu iekārtas.

Pastāvīgi pievienotām elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmām PAI izvēlas atbilstoši LVS HD 60364-4-442, LVS EN IEC 62305-4 un LVS EN 61643 sērijas standartiem.

4. BŪVNICĪBA

BESS konteineru uzstādīšanai nepieciešama stabila, līdzenā un nestspējīga pamatne. Visbiežāk izmanto betonētas plāksnes vai punktveida pamatus ar drenāžas sistēmu. Jānodrošina minimālie attālumi apkopes un piekļuves vajadzībām. Jānodrošina piemērota nestspēja pārvietošanas tehnikai (krāniem, iekrāvējiem).

4.1. Būvdarbi un pamatu izbūve

Būvlaukuma sagatavošana

Jāveic ģeotehniskā izpēte (saskaņā ar LBN 217-24); vājās gruntīs jāparedz stabilizācija (drenējoši slāņi, ģeotekstils). Teritorijas attīrīšana un izlīdzināšana. Noņem augšējo grunts kārtu (humusu), nodrošina vienmērīgu slīpumu ūdens noteces virzienā; izveido platformu ar nepieciešamo nestspēju un drenāžu.

Pamatu izbūves veidi

Pamatu veids jāizvēlas, ņemot vērā BESS konfigurāciju, konteineru skaitu, lokāciju un grunts īpašības.

Ūdens drenāža

Jānodrošina slīpums ($\geq 1.5\%$) prom no iekārtu pamatiem, jāparedz perforētas drenāžas caurules un grants nosēdumslānis. Augsta gruntsūdens gadījumā grants slānis + hidroizolācijas plēve.

Precizitātes prasības

Virsmai jābūt līdzenai ± 5 mm uz 10 m, slīpums starp punktiem nedrīkst pārsniegt 1% un jāparedz enkurošanas iespējas konteineru stabilitātei.

Būvniecības drošība un piekļuve

Droši piebraucamie ceļi (min. 3 m platumā), vieta paredzēta celtniecības tehnikai (iekrāvēji, celtni) un pagaidu nožogojums, drošības zīmes būvdarbu laikā.

4.2. Elektroinstalācijas prasības

Ja BESS nav veidota modulārā konteineru izpildījumā, kur visa elektroinstalācija ir rūpnieciski montēta, tad, izbūvējot elektroinstalāciju jāņem vērā Ministru kabineta noteikumi Nr. 294 «Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 261-15 «Ēku iekšējā elektroinstalācija»» un LVS HD 60364 sērijas standarti.

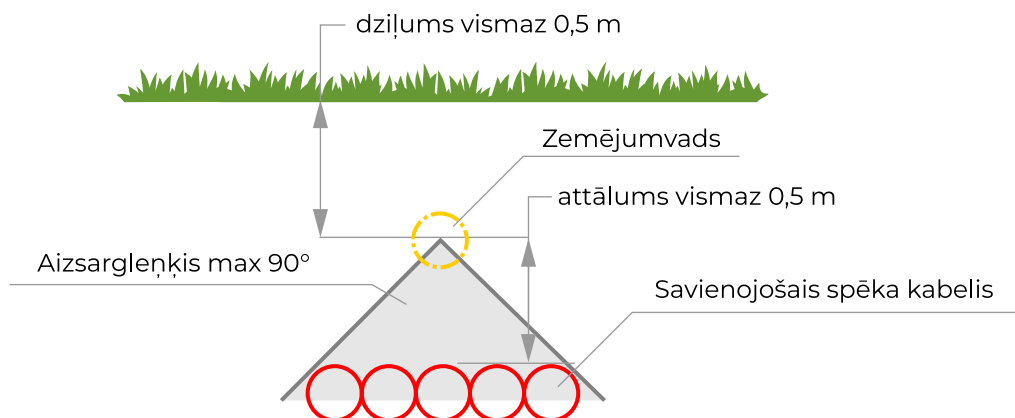
Izbūvējot ārējo elektroapgādi BESS pieslēgumiem, jāievēro «Aizsargjoslu likums», Ministru kabineta noteikumi Nr. 253 «Atsevišķu inženierbūvju būvnoteikumi» un Ministru kabineta noteikumi Nr. 574 «Noteikumi par Latvijas būvnormatīvu LBN 008-14 «Inženiertīklu izvietojums»».

4.3. Zibens un pārspriegumaizsardzības ierīkošana

Zibensizlādes laikā vadītājos inducējas bīstami pārspriegumi, lai novērstu šo pārspriegumu radītos bojājumus, nepieciešams pirms aizsargājamās iekārtas uzstādīt pārspriegumaizsardzības ierīci (PAI). Izvēloties PAI, jāņem vērā, kādā tīklā tā tiek uzstādīta – līdzstrāvas, maiņstrāvas vai elektronisko sakaru sistēmās.

Zibensaizsardzības ierīkošanas vadlīnijas dotas LVS EN IEC 62305-3:2024 D pielikumā.

Ja akumulatori un invertors atrodas atsevišķos konteineros/būvēs, tad tiešas un tuvumā esošas zibensizlādes radītas strāvas var inducēties savienojošajos kabeļos. Lai šo novērstu, ieteicams virs tiem ierīkot zemējumvadu (skat. 4.3.1. att.).



4.3.1. att. Savienojamo kabeļu trases aizsardzība

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmām, kas atrodas metāla konteinerā, iespējams metāla korpusu izmantot kā dabīgo ZPA sastāvdaļu, ja tā fizikālās īpašības atbilst LVS EN IEC 62305-3:2024 5.2.5. un 5.3.5. punktu prasībām. Rezultātā iekārtas konteinerā iekšpusē tiktu pasargātas līdzīgi kā Faradeja būri (skat. 4.3.3. att.).

Zibensizlādes potenciālu izlīdzināšana

Aizsardzības pasākumu, kas nepieciešams, lai novērstu bīstamu pārspriegumu veidošanos zibensizlādes laikā, sauc par zibensizlādes potenciālu izlīdzināšanu. Lai samazinātu potenciālu starp diviem vadītājiem, tos savā starpā nepieciešams savienot. Zibensizlādes potenciālu izlīdzināšana jāierīko atbilstoši standarta LVS EN IEC 62305-3:2024 6.2. punkta prasībām. Jāņem vērā, ka, ietverot iekšējās sistēmas potenciālu izlīdzināšanā, daļa zibensstrāvas var plūst pa tām, tāpēc ir svarīgi izvēlēties atbilstoša šķēsgriezuma potenciālu izlīdzinātājevadus. Minimālais vara vada šķēsgriezums potenciālu izlīdzinātājevadiem, kas nav tieši savienoti ar zibensaizsardzības sistēmu jābūt 6 mm^2 , kas ir pietiekami inducētas zibensstrāvas vadīšanai, bet izlīdzinātājevadiem, kas ir savienoti ar zibensaizsardzības sistēmu – 16 mm^2 , lai tie spētu izturēt zibensstrāvas impulsu. Ja potenciālu izlīdzinātājevads var tikt uzskatīts kā zibens novedējsistēmas vadītājs, tad minimālais vadītāja šķēsgriezums ir 50 mm^2 .

Atdalītājattālums

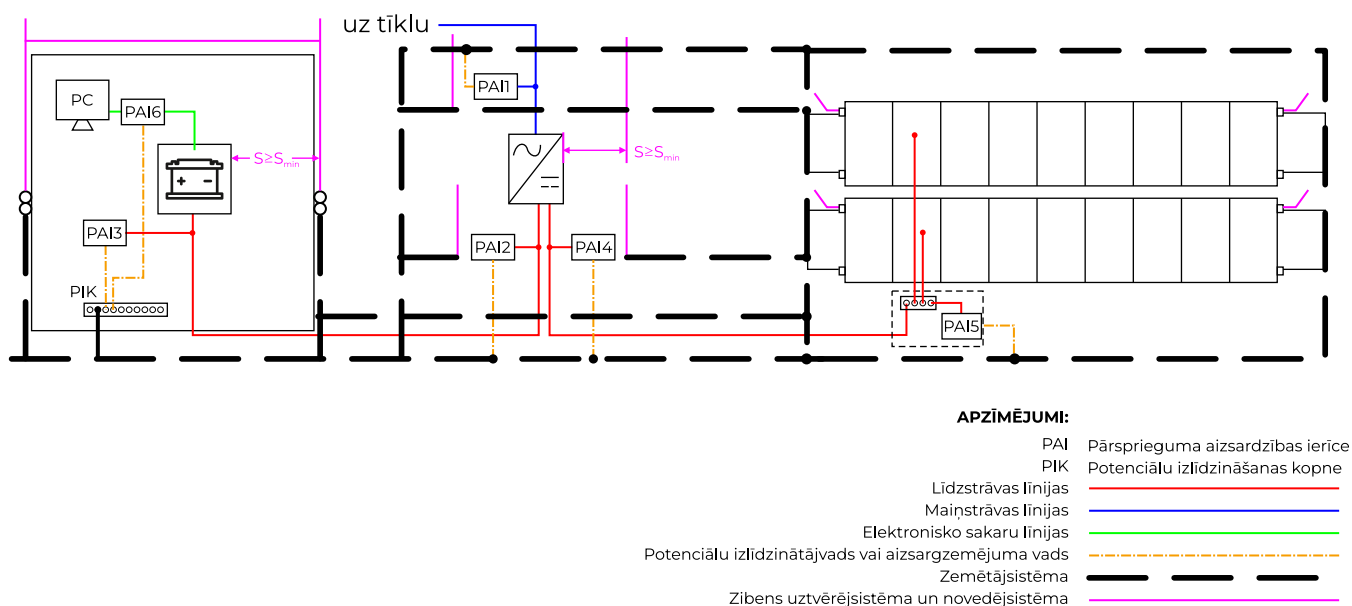
Uzstādot ārējo zibensaizsardzības sistēmu elektroenerģijas uzkrājošo sistēmu aizsardzībai, noteikti ir jāievēro noteikts atdalītājattālums. Atbilstoši LVS EN IEC 62305-3:2024 atdalītājattālums s ir attālums, kas ir pietiekams, lai starp divām vadītājdaļām nerastos bīstama dzirksteļošana, ko aprēķina atbilstoši standarta LVS EN IEC 62305-3:2024 6.3. punkta prasībām. Sliktākajā gadījumā šāda nekontrolēta dzirksteļošana var izraisīt ugunsgrēku.

Betona konteineru tipa būvēs, kas tiek bieži izmantotas elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmās, var būt zināmas problēmas ar atdalītājattāluma ievērošanu. Šo problēmu novēršanai lietderīgi ir izvērtēt augstsprieguma izturīgas izolācijas (HVI) vadītāju izmantošanu, kas ļauj ievērojami samazināt atdalītājattālumu.

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmas ar akumulatoriem zibens un pārspriegumaizsardzības piemēri

1. piemērs ir elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmai ar brīvi stāvošiem invertoriem un betona ēkā uzstādītiem akumulatoriem. Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma ierīkota kopā ar fotoelektrisko sistēmu. Ārējā zibensaizsardzība tiek ierīkota atbilstoši LVS EN IEC 62305-3:2024 standartā dotajām prasībām, īpaši pievēršot uzmanību atdalītājattālumam s , lai nerastos bīstama dzirksteļošana starp zibensaizsardzības sistēmu un iekšējām komunikāciju līnijām.

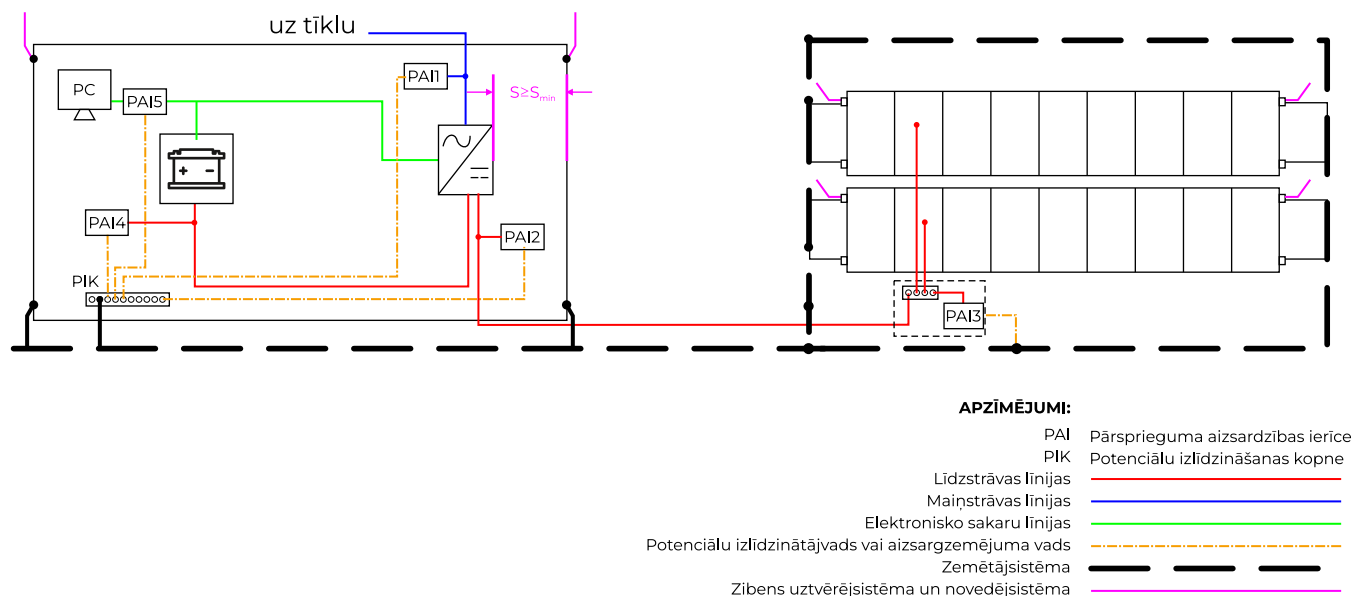
Aizsardzībai no tīkla radītiem pārspriegumiem PAI1 tiek uzstādīta T1+T2 tipa PAI maiņstrāvas tīkliem. Invertoru aizsardzībai PAI2 un PAI4 tiek uzstādītas T1+T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Akumulatoru aizsardzībai PAI3 tiek uzstādīta T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Fotoelektrisko sistēmu aizsardzībai PAI5 tiek uzstādīta T1+T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Elektronisko sakaru sistēmu aizsardzībai, ja tādi ir, tiek uzstādīta PAI6 atbilstoši tīkla veidam un izvēlētajiem kabeļiem. Izvēloties PAI, jāņem vērā LVS EN 61643 sērijas standartos dotās prasības.



4.3.2. att. 1. ZPA piemērs ar brīvi stāvošiem invertoriem un akumulatoriem betona būvē

2. piemērs ir elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmai ar invertoru un akumulatoriem uzstādītām kopējā metāla konteinerā. Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma ierīkota kopā ar fotoelektrisko sistēmu. Ārējā zibensaizsardzība tiek ierīkota atbilstoši LVS EN IEC 62305-3:2024 standartā dotajām prasībām īpaši pievēršot uzmanību atdalītājattālumam s , lai nerastos bīstama dzirksteļošana starp zibensaizsardzības sistēmu un iekšējām komunikāciju līnijām. Konteineru fizikālie parametri atbilst LVS EN IEC 62305-3:2024 5.2.5. un 5.3.5. punktu prasībām, tāpēc tā korpuss tiek izmantots kā ārējās zibensaizsardzības sistēmas dabīgā sastāvdaļa. Lai izvairītos no metāla jumta caurkušas no tiešas zibensizlādes, konteineru četri stūri papildus tiek aizsargāti ar zibensuztvērējiem.

Aizsardzībai no tīkla radītiem pārspriegumiem PAI1 tiek uzstādīta T1+T2 tipa PAI maiņstrāvas tīkliem. Invertora aizsardzībai PAI2 tiek uzstādītas T1+T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Akumulatoru aizsardzībai PAI4 tiek uzstādīta T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Fotoelektrisko sistēmu aizsardzībai PAI4 tiek uzstādīta T1+T2 tipa PAI līdzstrāvas tīkliem. Elektronisko sakaru sistēmu aizsardzībai, ja tāda ir, tiek uzstādīta PAI5 atbilstoši tīkla veidam un izvēlētajiem kabeļiem. Izvēloties PAI, jāņem vērā LVS EN 61643 sērijas standartos dotās prasības.



4.3.3. att. 2. ZPA piemērs ar invertoru un akumulatoriem vienā metāla konteinerā

4.4. Mehāniskā uzstādīšana

Mehāniskā uzstādīšana ietver BESS iekārtu fizisko novietošanu, nostiprināšanu un savienošanu, kā arī nodrošināšanu, ka visas mehāniskās sastāvdaļas atbilst ražotāja specifikācijām, vietējām būvnormām un drošības prasībām. Iekārtu uzstādīšana jāveic atbilstoši iekārtas ražotāja norādījumiem.

Biežākās kļūdas: nepietiekama enkurošana, nepareiza ventilācijas virzienu ievērošana un nav nodrošināta kabeļu mehāniskā aizsardzība.

4.5. Kvalitātes kontrole un testēšana būvniecības laikā

Jāparedz posmveida pārbaudes būvniecības gaitā – pamatu līdzenuma kontrole, zemējuma pretestības mērījumi, kabeļu testēšana (izolācijas pretestība, fāžu secība), pieslēgumu kvalitātes vizuālā apskate un instrumentālā pārbaude.

Grunts un pamati: ģeotehniskās izpētes atbilstība projektam; betona kvalitātes pārbaude (klase, sacietēšana); slīpuma mērījumi ($\leq 1\%$), līdzenums (± 5 mm).

Metāla konstrukcijas: tērauda elementi ar CE marķējumu; pārklājums atbilstoši C3/C4 klasei; skrūvju griezes momenta pārbaude; enkuru kontrole.

Kabeļi: kabeļu tipu atbilstība (ugunsdroši, UV izturīgi); marķējums un montāža; izolācijas pretestības mērījumi (> 1 M Ω pie 1000 V DC).

Elektroinstalācijas testēšana: zemējuma pretestība (< 10 Ω , LVS EN 50522); fāžu secības un nepārtrauktības pārbaude; termogrāfiskā pārbaude; zibens un pārsprieguma aizsardzības uzstādīšana.

Mehāniskās montāžas kontrole: statīvu un invertoru nostiprināšana (enkurošana, vertikālitate); ventilācijas un apkopes zonas ievērošana; dzesēšanas sistēmas pārbaude (plūsma, savienojumi, noplūdes tests); ugunsaizsardzības sistēmu montāža jāveic atbilstoši izvēlēta standarta prasībām.

Kvalitatīvai būvniecībai nepieciešama regulāra būvuzraudzība, ikdienas darbu žurnāls ar fotofiksācijām; kontroles (segto darbu) akti pamatu, konstrukcijām, elektroinstalācijai u.c.; mērījumu protokoli; noviržu un saskaņojumu dokumentācija.

4.6. Nodošana ekspluatācijā un pieņemšanas testēšana

Nodošana ekspluatācijā ir svarīgs solis BESS darbības uzsākšanai, ko var sadalīt sekojošos posmos:

1. Pirmsnodošanas sagatavošana; tehniskā projekta un izpilddokumentācijas pārbaude, CE deklarācijas un ražotāja instrukcijas, testu protokolu sagatavošana, montāžas, kabeļu un aizsargpārklājumu apskate);
2. Elektroinstalācijas testēšana: zemējumietaisies pārbaude, fāžu secība un kabeļu nepārtrauktība, izolācijas pretestības mērījumi, aizsardzības ierīču pārbaude;
3. Sistēmas iedarbināšana (*commissioning*): invertoru pašdiagnostika un sinhronizācija, akumulatoru uzlādes un izlādes pārbaude, BMS/EMS komunikācijas tests, tīkla atslēgšanās un avārijas režīma simulācija, uguns aizsardzības sistēmu pārbaude veicama atbilstoši algoritmam, kas noteikts piemērojamajā standartā;
4. Datu komunikācijas un SCADA testēšana: SCADA savienojuma un datu vizualizācijas pārbaude, trausmes notikumu simulācija, datu arhīvu ģenerēšana un eksports, VPN piekļuves un kiberdrošības validācija;
5. Nodošanas akta sagatavošana: funkcionālo testu protokoli, nodošanas-ekspluatācijas akts (parakstīts), garantijas dokumenti un atbildīgās personas, lietotāju apmācību protokols, avārijas instrukcijas un kontaktu saraksts.

5. EKSPLOATĀCIJA

Efektīva un droša BESS sistēmas ekspluatācija nodrošina ne tikai tās kalpošanas ilgumu, bet arī energoefektivitāti, drošību un sistēmas pieejamību. Ekspluatācijas vadlīnijām jāietver ikdienas darbības, uzraudzības procedūras, datu monitorings, trauksmes reakcija un apkopes pasākumi.

5.1. Sistēmas ieslēgšanas un izslēgšanas procedūras

Ieslēgšanas procedūra jāveic saskaņā ar ražotāja instrukciju, nodrošinot šādus soļus: (1) pārbaude par ārējo spriegumu un zemējuma nepārtrauktību, (2) akumulatoru savienojumu pārbaude, (3) invertoru aktivizēšana, (4) SCADA savienojuma verifikācija. Izslēgšana jāveic pretējā secībā, nodrošinot drošības pauzi un izlādes pārbaudi. Ieslēgšanas un izslēgšanas protokoli ar datiem un parakstiem ir jāreģistrē, SCADA žurnālos jāparādās visām darbībām un EMS jāreģistrē stāvokļa izmaiņas (*on/off, fault, stand-by*).

5.2. Slodzes pārvaldība un noslodzes režīmi

Enerģijas uzkrāšanas sistēmā jānodrošina elastīga slodzes vadība atbilstoši tīkla pieprasījumam. Izmantojami automātiskie vadības algoritmi, piemēram, frekvences regulēšana, maksimālās slodzes izlīdzināšana un uzlādes grafiku optimizācija.

5.3. Integrācija ar SCADA un SSO, PSO

Sistēmai jābūt integrētai ar SCADA vai cita veida uzraudzības sistēmu, kas nodrošina attālinātu monitoringu, datu vākšanu, kļūdu ziņošanu un operatora komandu izpildi. Komunikācija tiek nodrošināta caur Modbus TCP/IP, OPC UA vai SNMP protokolu.

Enerģijas uzkrāšanas sistēmas drīkst pieslēgt kopējam elektrotīklam tikai pēc SSO, PSO atļaujas saņemšanas.

Sistēmas operatori ir noteikuši sekojošos ražošanas staciju moduļu jaudas robežvērtības (Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmums Nr.1/4 "Tīkla kodekss elektroenerģijas nozarē"):

A tips	B tips	C tips	D tips
0,0008 MW - 0,499 MW	0,5 MW - 4,999 MW	5 MW - 14,999 MW	virs 15 MW

Sistēmas operatori ir noteikuši sekojošo pieslēgumu shēmu principus:

A tips	B tips	C tips	D tips
Līdz 0,1 MW – pie esošas 0,4 kV sadalnes vai 0,4 kV līnijas. Līdz 0,499 MW – pie esošas sadales transformatora apakšstacijas vai izbūvējot jaunu transformatora apakšstaciju	6, 10, 20 kV elektrolīnija	6, 10, 20 kV kopnes 110 kV apakšstacijā	110, 330 kV kopnes apakšstacijā

Elektroenerģijas komercuzskaites sistēma jāierīko atbilstoši Elektroenerģijas tirgus likuma un Latvijas Energostandarta LEK123 «Elektroenerģijas uzskaites ierīkošanas noteikumiem» prasībām.

5.4. Veiktspējas uzraudzība un pārskati

Nepieciešams nodrošināt reāllaika uzraudzību akumulatoru uzlādes stāvoklim (SoC), izlādes jaudai, temperatūrai, kļūdu notikumiem un enerģijas bilancei. Jāveido automātiska atskaišu ģenerēšana – ikdienas, iknedēļas un ikmēneša līmenī.

5.5. Programmatūras un to atjauninājumi

Elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmās ar akumulatoriem (BESS) darbojas vairākas programmatūras slāņu grupas:

- BMS (*Battery Management System*): Uzrauga katra akumulatora spriegumu, temperatūru, SOC, SoH; aizsargā pret pārslodzēm un bojājumiem.
- EMS (*Energy Management System*): Optimizē uzlādes/izlādes stratēģijas, koordinē signālus ar SCADA, balstās uz enerģijas cenām, tirgus prognozēm.
- PCS (*Power Conversion System*) aparātprogrammatūra: Invertora vadība: sinhronizācija ar tīklu, MPPT algoritmi, strāvas slodzes regulācija.
- SCADA/monitoringa platforma: reāllaika dati, vēsturiskie pārskati, kļūdu diagnostika un attālināta vadība.

Programmatūras atjaunināšana nepieciešama darbības optimizācijai, drošības uzlabojumiem, sadarbības nodrošināšanai (ar sistēmas operatora prasībām vai trešo pušu platformām), kļūdu novēršanai un funkcionalitātes paplašināšanai. Plānveida atjauninājumi jāveic ārpus sistēmas pīķa slodzēm vai naktī, pirms atjauninājuma ieteicams veikt datu dublēšanu.

5.6. Regulārās pārbaudes un preventīvā apkope

Lai nodrošinātu ilgstošu un drošu BESS darbību, jāizstrādā regulāru tehnisko apkopju grafiks, iekļaujot apskates, pieslēgumu pievienojumu pārbaudes, gaisa filtru tīrīšanu, ventilācijas sistēmu darbības pārbaudi, kā arī BMS un invertoru datu analīzi. Ieteicams veikt BESS sistēmas tehnisko apkopi ik ceturksni, atbilstoši ražotāju ieteikumiem. Visām apkopēm jābūt dokumentētām ar protokoliem un pārskatiem.

Akumulatoru stāvoklis tiek novērots, izmantojot BMS sistēmu, kas uzrauga SoH (*state of health*), ciklu skaitu, temperatūru, spriegumu un strāvas anomālijas. Ilgtermiņā jāveic datu analīze, lai savlaicīgi identificētu degradāciju un plānotu nomaiņu.

Jānodrošina kritiski svarīgu rezerves daļu pieejamība (piemēram, invertoru dzesētāji, BMS modulis, ventilatori, drošinātāji). Jāizstrādā iekārtu nomaiņas kārtība, nodrošinot minimālus darbības pārtraukumus. Ieteicams plānot akumulatoru moduļu rotāciju pēc 10–15 gadu lietošanas.

5.7. Eksploatācijas rādītāji un veiktspējas uzraudzība

Sistēmas pieejamība jāuzrauga, nosakot laiku, kad sistēma ir gatava darbam, attiecībā pret kopējo ekspluatācijas laiku. Efektivitātes rādītāji ietver uzkrāto un nodoto enerģiju, kā arī pārvades zudumus invertoru un sadales posmos.

Uzlādes līmenis (SoC) norāda aktuālo uzkrātās enerģijas daudzumu procentos, savukārt izlādes dziļums (DoD) attēlo, cik lielā mērā akumulators tiek izlādes cikla laikā. Šie parametri jāizmanto resursu optimizācijai un akumulatoru kalpošanas laika pagarināšanai. Round-trip efficiency (RTE) atspoguļo, cik liela daļa no akumulatorā ievadītās enerģijas vēlāk tiek atgūta izlādes laikā. Augsts RTE (parasti virs 85%) liecina par kvalitatīvu sistēmas darbību. RTE jāmēra laika griezumā (dienā, nedēļā, mēnesī).

Vadības paneli (*dashboards*) nodrošina grafisku un teksta datu attēlojumu reāllaikā, kas ļauj ērti sekot sistēmas darbībai un stāvoklim:

Rādītāji	Piemērs
Uzlādes/izlādes jauda (kW/MW)	450 kW discharge
Akumulatoru stāvoklis (SoC/SoH)	SoC: 78% / SoH: 94%
Sistēmas temperatūras grafiki	Akumulatori: 28°C; Invertors: 35°C
Trauksmes un kļūdu statusi	EMS komunikācijas traucējumi
Enerģijas plūsmas shematisks attēlojums	Tīkls ↔ Invertors ↔ Akumulators

Vizualizācijas standarti jāveido saprotami un intuitīvi – krāsu kodi, ikonas, trendu līknes.

EMS un SCADA sistēmām jāspēj ģenerēt automātiskus pārskatus ar būtiskākajiem datiem.

5.8. Eksploatācijas pārtraukšana un dzīves cikla beigu plānošana

Eksploatācijas pārtraukšanas iemesli var būt dažādi, piemēram, bojājumu intensitāte pārsniedz uzturēšanas izmaksas, jaunas tehnoloģijas vai normatīvās prasības, finansiāli neizdevīga eksploatācija, nepietiekama jauda vai efektivitāte u.c.

Laī pārtrauktu BESS eksploatāciju, jāizstrādā demontāžas plāns, akumulatori ir jāutilizē un jāpārstrādā atbilstoši spēkā esošajiem normatīviem. Dokumentācijas un datu glabāšana jānodrošina vismaz 5 gadus pēc eksploatācijas pārtraukšanas.

Piemērs no prakses: Industriāla BESS sistēma (1.2 MWh, LFP) tika demontēta pēc 11 gadu eksploatācijas, kad SoH samazinājās līdz 68%. Akumulatoru moduļi tika nodoti pārstrādei, bet invertori uzstādīti atkārtoti citā projektā. Visi procesi tika veikti sadarbībā ar licencētu atkritumu apsaimniekotāju atbilstoši ES bīstamo atkritumu regulām.

6. DROŠĪBA UN RISKA PĀRVALDĪBA

Droša BESS ekspluatācija un apkope ir tieši atkarīga no apmācīta personāla un atbilstošiem individuālajiem un kolektīvajiem aizsardzības līdzekļiem. Jānodrošina, ka darbinieki, kuri veic montāžu, apkopi vai uzraudzību, ir instruēti, sertificēti un aprīkoti saskaņā ar normatīvo aktu prasībām.

6.1. Ugunsgrēka atklāšana un dzēšana

BESS sistēmās jāuzstāda automātiskā ugunsgrēka atklāšanas un trauksmes signalizācijas sistēma, kā arī ugunsdzēsības sistēma. Visbiežāk izmantotas aerosola (piemēram, Stat-X) vai gāzes dzēšanas tehnoloģijas, kas aktivizējas pēc dūmu vai temperatūras sensora signāla. Sistēmai jābūt neatkarīgai un autonomai, ar iespēju nosūtīt trauksmes signālu SCADA sistēmai.

Ugunsgrēka riski BESS sistēmās: īsslēgums akumulatoru šūnā, pārlādēšana vai pārmērīga izlāde, siltuma uzkrāšanās ventilācijas vai dzesēšanas sistēmu problēmu dēļ, tīša dedzināšana u.c.

6.2. Termiskās nestabilitātes (*thermal runaway*) novēršana

Termiskās nestabilitātes riska mazināšanai tiek izmantota akumulatoru temperatūras uzraudzība, dzesēšanas kontrole, ventilācijas sistēmas un BMS aizsardzības algoritmi. Kritiskos gadījumos jānodrošina automātiska atslēgšanās, lai novērstu siltuma izplatīšanos.

6.3. Rīcība ar bīstamajām vielām to pārstrāde

Litija akumulatori satur elektroķīmiskas vielas, kuras klasificējamās kā bīstami materiāli. Sistēmas ekspluatācijas laikā jāizvairās no noplūdēm, bet bojājumu gadījumā jāievēro īpaši apstrādes un utilizācijas noteikumi. Jāparedz līgumi ar sertificētiem atkritumu apsaimniekotājiem.

6.4. Ārkārtas situāciju procedūras

Jāizstrādā ārkārtas situāciju rīcības plāns, ietverot evakuācijas kārtību, atbildīgās personas, brīdinājuma signālus, saziņas plūsmu un ārējo dienestu piesaisti. Plānam jābūt pieejamam uz vietas un regulāri jāveic praktiskas mācības.

6.5. Kiberdrošība un datu aizsardzība

BESS sistēmas ir pieslēgtas tīklam, tāpēc ir jānodrošina kiberdrošība un datu aizsardzība atbilstoši Ministru kabineta noteikumu Nr. 397 «Minimālās kiberdrošības prasības» prasībām. Jānodrošina piekļuves kontrole un autentifikācija, komunikācijai jāizmanto tīkla drošības protokolus un jānodrošina datu t.sk. incidentu reģistrācija ar iespēju tos auditēt. Tāpat ir jāidentificē iespējamie incidenta tipi (piemēram, neautorizēta piekļuve, paroles uzlaušana, vīrusa ievadīšana tīklā u.c.) un jā sagatavo rīcības plāns incidenta gadījumā.

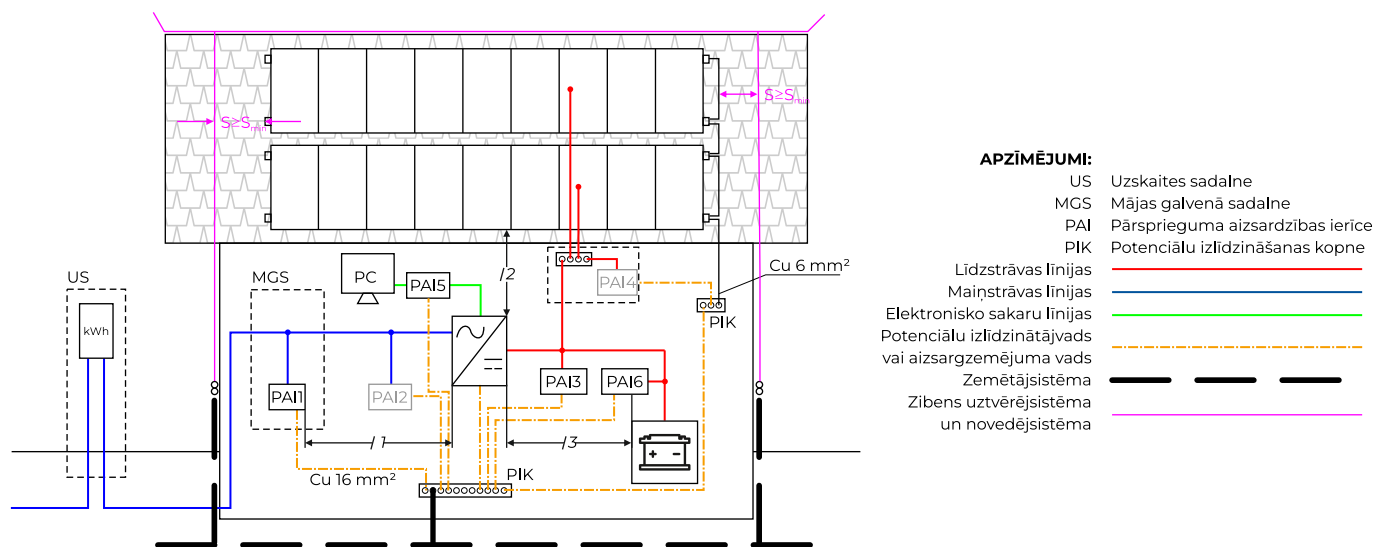
7. ELEKTROENERĢIJAS UZKRĀŠANAS SISTĒMAS MĀJSAIMNIECĪBĀM

Mājsaimniecību elektroenerģijas uzkrāšanas sistēmas ar akumulatoriem (BESS), kas parasti tiek integrētas kopā ar saules mikroģeneratoriem ($\leq 11,1$ kW), ļauj būtiski palielināt saražotās enerģijas pašpatēriņu (līdz 70 – 90%), var nodrošināt rezerves barošanu elektroapgādes pārtraukumam laikā un sniedz iespēju optimizēt elektroenerģijas izmaksas ar arbitrāžas stratēģijām.

Projektēšanas un pieslēguma aspekti:

- Akumulatoru jauda parasti 5–20 kWh (atkarībā no ikdienas patēriņa un PV uzstādītās jaudas).
- Pieslēguma shēmas: izmanto atsevišķu akumulatoru invertoru vai hibrīdinvertoru (PV + akumulatoru pārvaldība vienā ierīcē).
- Pašpatēriņa palielinājums: piem., 10 kWp FES ar 20 kWh akumulatoru ļauj sasniegt ~80% pašpatēriņa līmeni.
- Ierīkot DC un AC puses pārspriegumaizsardzību, kā arī zibens un potenciālu izlīdzināšana atbilstoši LVS EN IEC 62305 sērijas standartiem un LBN 261-15.

Ja paralēli fotoelektriskajām sistēmām (mikroģenerācijas ietvaros) ir uzstādīta arī elektroenerģijas uzkrāšanas sistēma ar akumulatoriem, tad ZPA tiek ierīkota atbilstoši «Fotoelektrisko sistēmu uzstādīšanas vadlīnijas» dotajiem norādījumiem. 7.1.1. attēlā dots piemērs ar fotoelektrisko sistēmu uz ēkas jumta ar ārējo zibensaizsardzības sistēmu un ievērotu minimālo atdalītājattālumu s , kurai paralēli pieslēgta elektroenerģijas uzkrājošā sistēma. Šajā gadījumā vēlams papildus uzstādīt PAI6 akumulatoru aizsardzībai no pārspriegumiem.



7.1.1. att. Piemērs ar fotoelektrisko sistēmu uz ēkas jumta ar ārējo zibensaizsardzības sistēmu un ievērotu minimālo atdalītājattālumu s , kurai paralēli pieslēgta elektroenerģijas uzkrājošā sistēma

Ugunsdrošības rekomendācijas:

- Izvēlēties akumulatorus ar sertifikāciju pēc **LVS EN IEC 62619** un **UL 9540A**, kas nodrošina testus pret termisko nestabilitāti.
- Akumulatoru novietot **atsevišķā telpā, saimniecības ēkā vai ārpus dzīvojamām telpām**, ja iespējams (aizliegts uzstādīt guļamistabās, bēniņos un citās telpās bez ventilācijas).
- Nodrošināt **dūmu un temperatūras detektorus** telpā, kur uzstādīti akumulatori.
- Ieteicama **gāzes vai aerosola tipa lokālā dzēšanas sistēma** (piemēram, Stat-X vai Novec 1230).
- Telpai jābūt ar **piemērotu ventilāciju** (optimāli 15–30°C darba temperatūras uzturēšanai).
- Apkopes gaitā regulāri pārbaudīt **BMS, kabeļu savienojumus un drošinātājus**, lai izvairītos no pārmērīga uzsilšanas vai bojājumu riska.

Vispārējās drošības rekomendācijas:

- Uzstādīšanu drīkst veikt tikai **sertificēti elektroinstalāciju speciālisti**, ievērojot MK noteikumus un SSO prasības mikroģeneratoru pieslēgumiem.
- Nodrošināt **piekļuves kontroli** (slēdzamas telpas, brīdinājuma zīmes).
- Visi vadi jāprojektē ar atbilstošu šķērs griezumu un jāuzstāda **automātiskie drošinātāji vai slēdži** katrā akumulatora ķēdē.
- BESS jāaprīko ar **avārijas atslēgšanas slēdži**, kas viegli pieejams lietotājam.
- Uzstādītājam jānodrošina **apmācība** par akumulatora drošu ekspluatāciju un rīcību ārkārtas gadījumos (piemēram, silšanas, korpusa deformācijas, smakas vai dūmu gadījumā).
- Regulāri jāpārbauda ražotāja ieteiktie **programmatūras atjauninājumi** (EMS/BMS/PCS).

BIBLIOGRĀFIJA

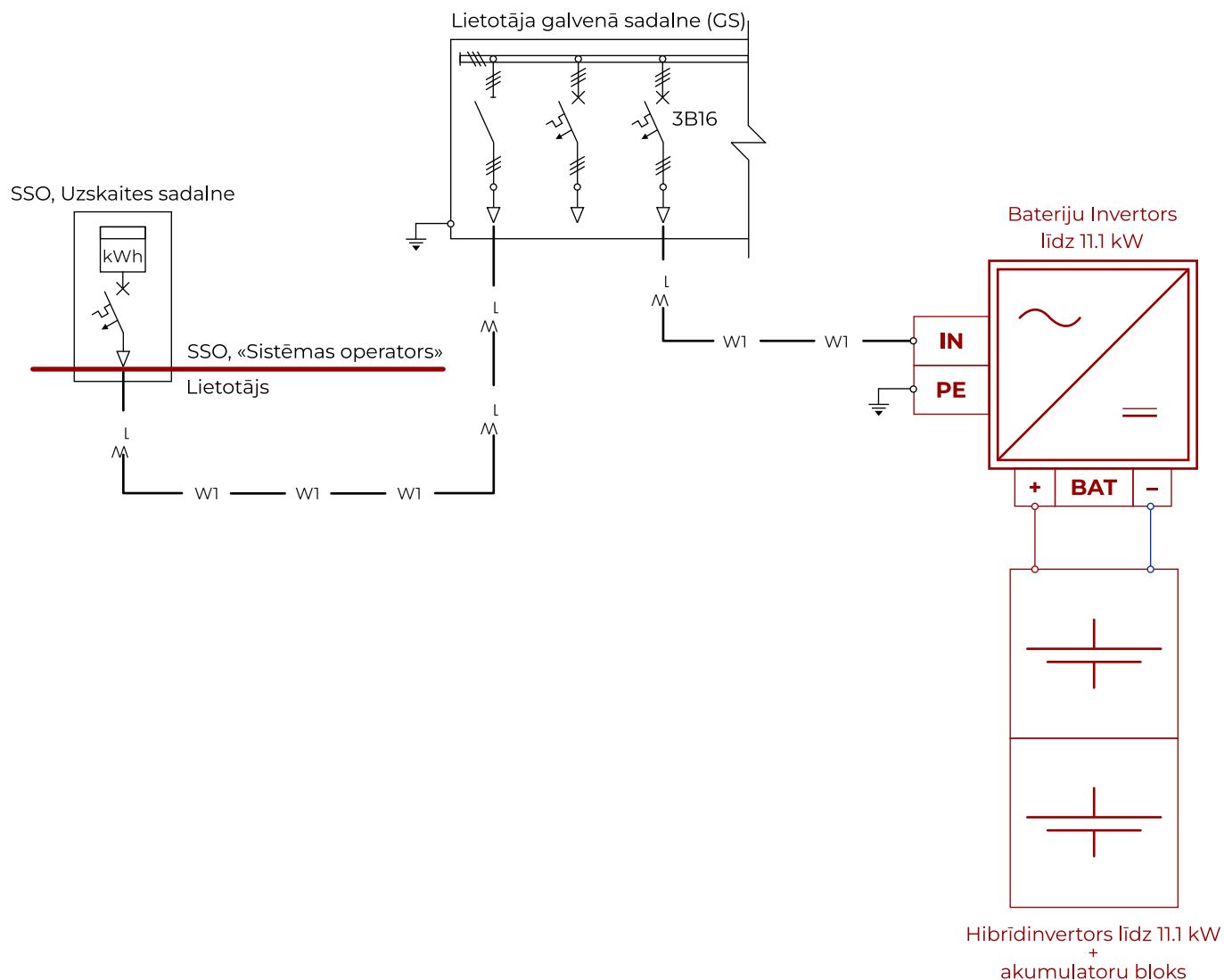
LVS EN IEC 62933-1:2024	Elektroenerģijas uzglabāšanas (EES) sistēmas. 1. daļa: Vārdnīca (IEC 62933-1:2024)
LVS EN IEC 62933-5-1:2024	Elektriskās enerģijas uzkrāšanas (ESS) sistēmas. 5 - 1. daļa: Drošuma prasības tīklā integrētām EES sistēmām. Vispārīga specifikācija (IEC 62933-5-1:2024)
LVS 1082-1:2024	Energoietaišu tehniskā ekspluatācija. 1. daļa: Vispārīgās prasības
LVS 1082-2:2024	Energoietaišu tehniskā ekspluatācija. 2. daļa: Elektroiekārtas un ietaises
LVS 1082-5:2024	Energoietaišu tehniskā ekspluatācija. 5. daļa: Energoietaišu operatīvā vadība un operatīvā dokumentācija
NFPA 855	<i>Standard for the installation of stationary energy storage systems</i>
UL 9540	<i>Energy Storage Systems and Equipment</i>
UL 9540A	<i>Test method for evaluating thermal runaway fire propagation in battery energy storage systems</i>
IEC 61850 standartu sērija	<i>Communication networks and systems for power utility automation</i> [Elektroapgādes automatizēšanai paredzētie sakaru tīkli un sistēmas]

PIELIKUMI

BESS iekārtu pieslēguma tipveida risinājumi

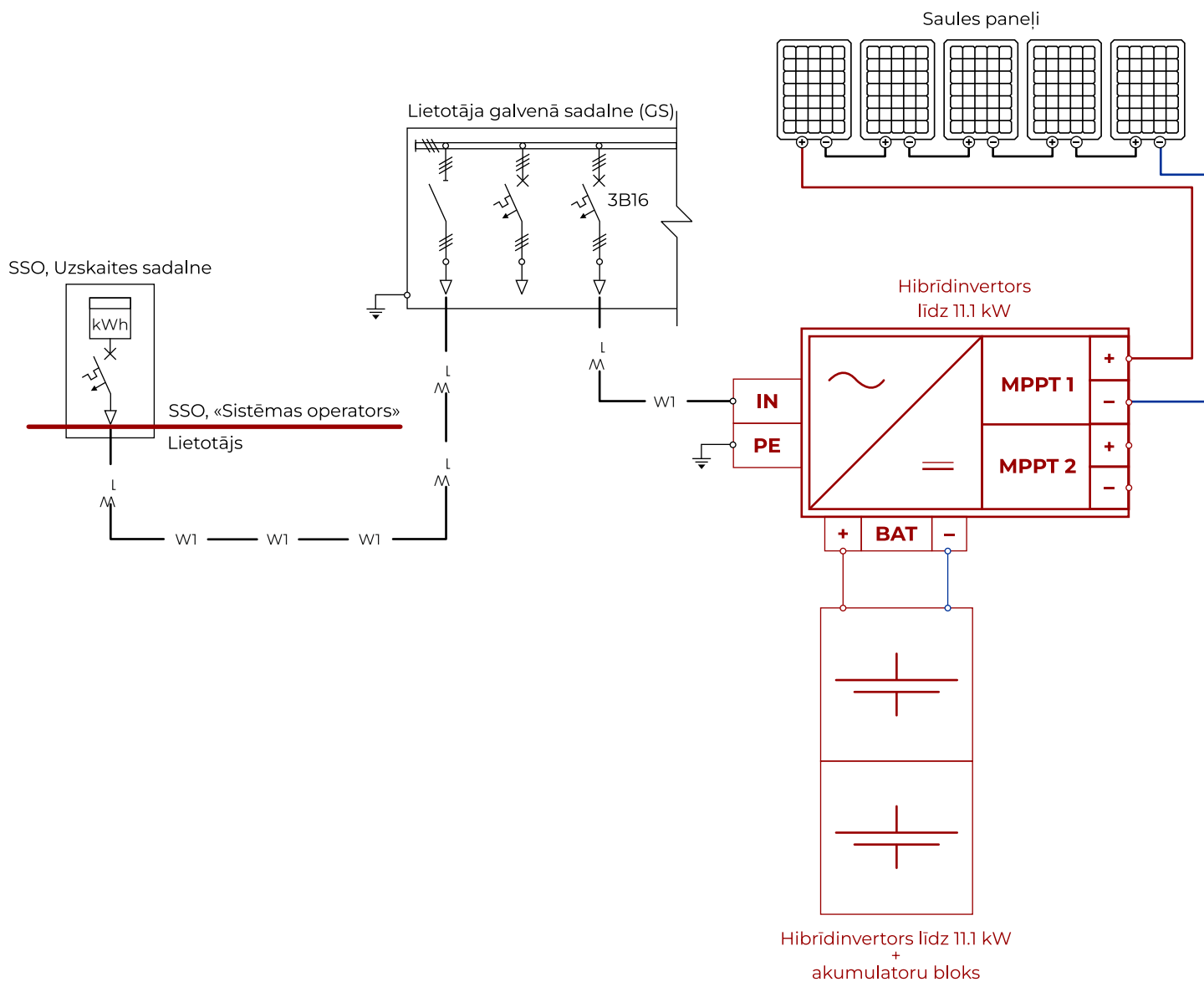
A tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma, mikroģenerators līdz 11,1 kW

Bateriju invertors

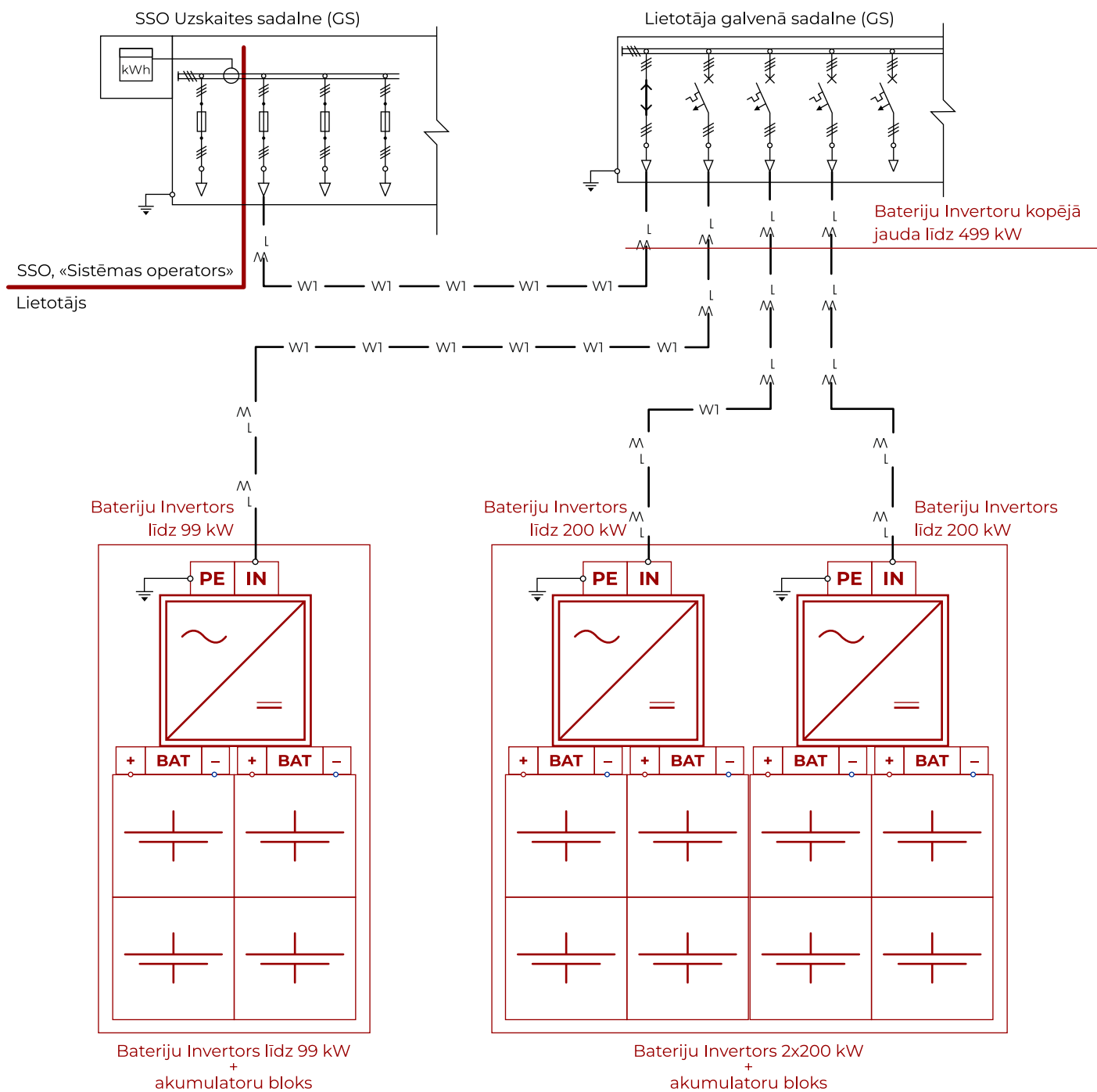


A tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma, mikroģenerators līdz 11,1 kW

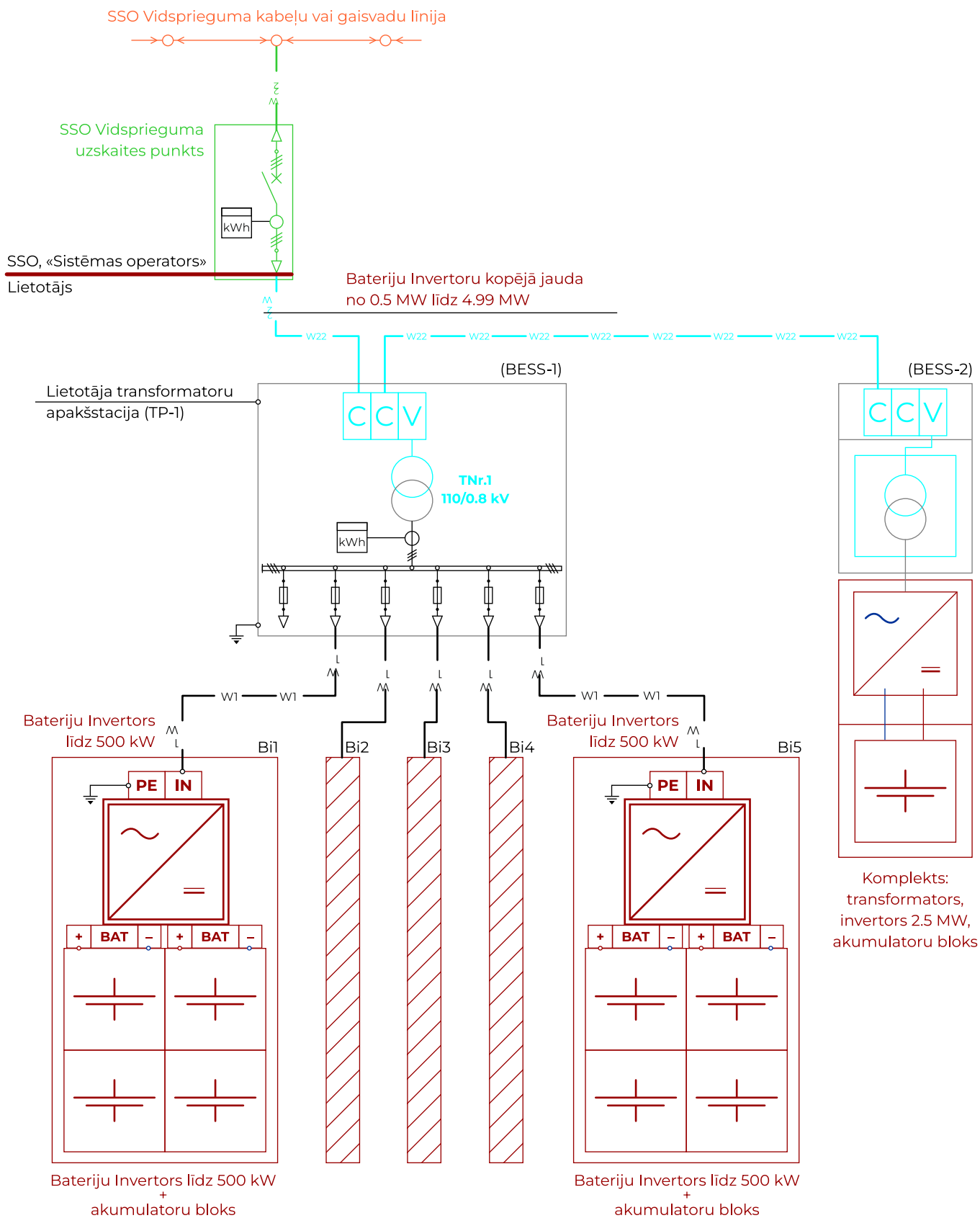
Hibridinvertors, kas ir pieslēgts fotoelektriskai sistēmai FES kopā ar akumulatoriem



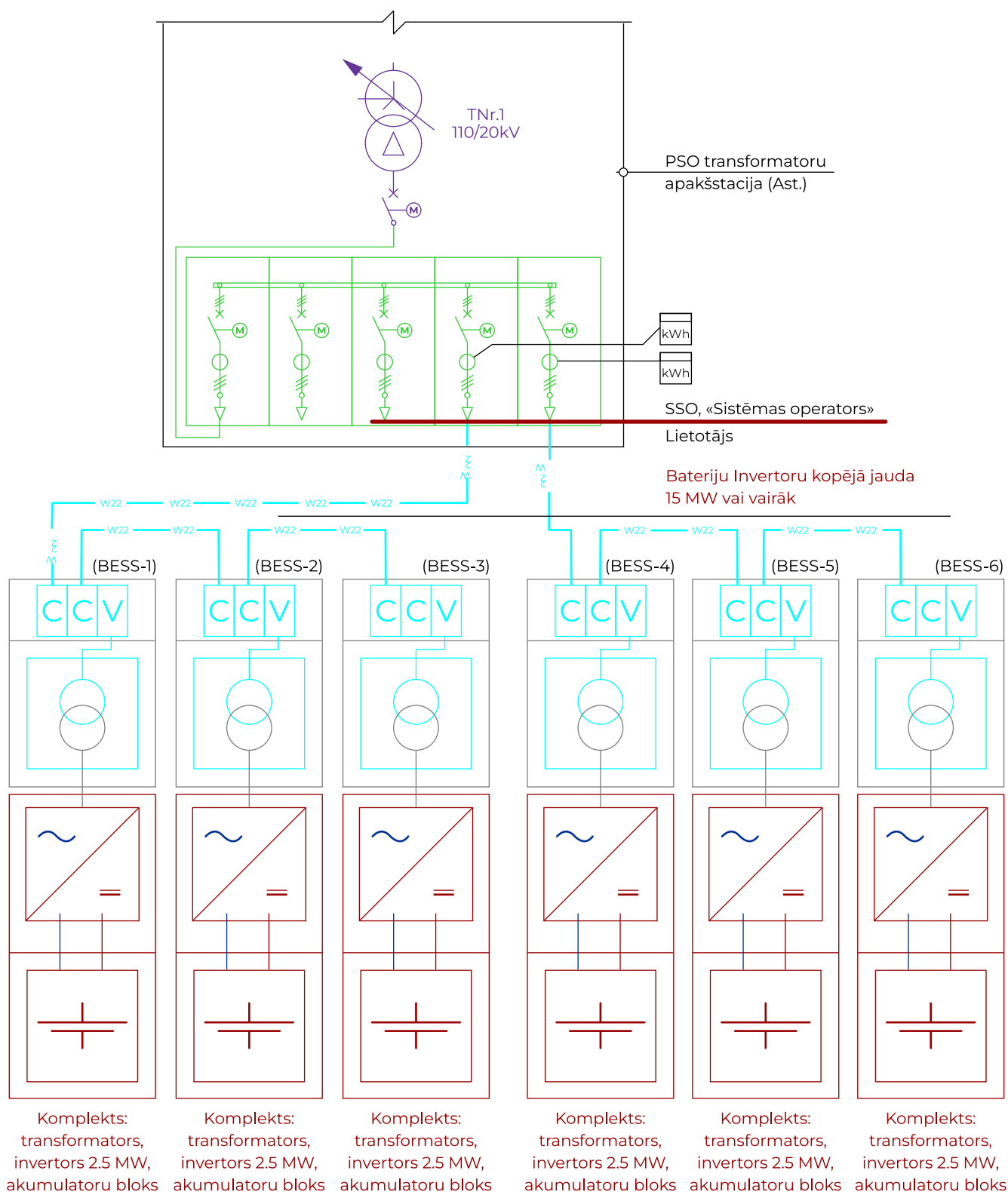
A tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma



B tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma



C tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma



D tipa BESS iekārtas pieslēguma shēma

