Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

ENERGIAMURROKSEN VAIKUTUS OMAKOTITALON SÄHKÖKESKUS-SUUNNITTELUUN

Energy transitions effect on switchboard design in detached houses

Henri Leskinen

Kandidaatintyö
LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikka

6.9.2018

TIIVISTELMÄ

Energiamurroksen vaikutus omakotitalon sähkökeskussuunnitteluun
Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Henri Leskinen
Sähkötekniikka
Tarkastaja: Nuorempi tutkija Ville Tikka

2018
Kandidaatintyö.
29 s, 10 kuvaa ja 3 taulukkoa.

Sähkömarkkinoiden muuttuessa energiamurroksessa muuttuu myös kuluttajien käyttäytyminen ja rooli markkinoilla. Tässä kandidaatintyössä tutkittiin kirjallisuustutkimuksena sähkömarkkinoiden muutoksen vaikutuksia omakotitalojen sähkökeskussuunnitteluun. Sähkökeskus on koko kiinteistön sähköistyksen perusta ja pitkäaikainen asennus, joten siinä tulisi olla valmiuksia myös tulevaisuuden varalle. Työ rajattiin aurinkosähkön, sähkön varastoinnin, sähköautojen ja kysyntäjouston vaikutusten tarkasteluun omakotitalojen sähkökeskusten suunnittelussa.

Työssä tutustutaan omakotitalonsähkökeskukseen ja sen tärkeimpiin komponentteihin. Eri tekniikoiden vaikutuksia selvitettiin kunkin tekniikan yleistymisen kannalta ja niiden toteuttamisen teknisistä vaatimuksista. Teknisiin vaatimuksiin vaikuttavat lähinnä standardit. Aurinkosähköön ja sähkön varastointiin kannattaa keskuksissa varautua ja keskuksen koon mukaisesti ne vaativat johdonsuojakatkaisijat ja energiamittarit tai ainakin tilavaraukset näille. Sähköautojen lataukseen kannattaa varautua ja edellä mainittujen lisäksi se vaatii vikavirtasuojan. Kysyntäjoustoon voidaan jo jossain määrin osallistua keskusten AMR-mittareilla, mutta siihen varautuminen keskussuunnittelussa on haastavaa, ellei asennettavaa järjestelmää tunneta. Keskusten ollessa nykyisin jo ahtaita, pitää energiatuotantomuotojen ja kulutuskojeiden muutoksiin varautuessa keskuksia suurentaa.

ABSTRACT

Future electricity markets affection on detached houses switchboard design

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Henri Leskinen
Electrical Engineering
Examiner: Doctoral Student Ville Tikka

2018
Bachelor's Thesis.
29 pages, 10 pictures and 3 tables.

As electricity markets develop in the electricity transition so does the consumers behavior and role on the market. In this bachelors' thesis it was studied as a literature study the changes of electricity markets effects on detached houses switchboard design. Switchboard is the foundation of the buildings electrification and a long-term installation, so it should have readiness for the future. Thesis was limited on the solar energy's, electricity storages, electric cars and demand responses effects on detached houses switchboard design.

In this thesis it's getting to know the detached houses switchboard and its important components. The effects on design on different technics is examined by its popularity and the technical requirements for installing them. The technical requirements are mostly controlled by standards. The switchboard should be prepared for solar energy and electricity storage with circuit breakers for protection and energy metering or at least reserve the needed space for their installation. The switchboard should also be prepared to load an electric car with the same protection and metering as mentioned for solar energy and storages and it also requires additional protection in the form of residual current circuit breaker. Detached houses can somewhat participate in demand response with the switchboards AMR-meters but preparing for it during switchboard design is challenging unless the demand response system to be installed is already known. As the switchboards are full as it is, the switchboards should be enlarged when preparing for the new forms of electricity production and electrical devices.

SISÄLLYSLUETTELO

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

Johdanto 6
1. Sähkökeskus 7
1.1 DIN-kisko 8
1.2 Varokkeet 9
1.2.1 Tulppasulake 9
1.2.2 Johdonsuojakatkaisija 10
1.3 Vikavirtasuojat 11
1.4 Katkaisijat 11
1.5 Kontaktorit ja releet 11
1.6 AMR-mittari 12
1.7 Keskuksen suojamaadoitus 13
2. Aurinkosähköjärjestelmät 15
2.1 Aurinkovoimalan liittäminen sähkökeskukseen 16
2.2 Varastot ja niiden liittäminen sähkökeskukseen 17
3. Kysyntäjousto 18
3.1 Kysyntäjouston toteutus omakotitalokohteissa 19
4. sähköauto 20
4.1 Sähköauton latauspisteen liittäminen sähkökeskukseen 20
5. Skenaariot 21
5.1 Aurinkosähkö, varasto, sähköautonlataus ja kysyntäjousto 22
5.2 Yhdistetty aurinkosähkö ja varasto sekä sähköautonlatauspiste 24
6. Yhteenveto ja johtopäätökset 25
Lähteet 28

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

AMR	Automatic meter reading, automaattinen mittareiden luku
PE	Protective Earth, suojamaadoitus
N	Negative, nolla
AC	Alternating current, vaihtovirta
DC	Direct current, tasavirta
V2G	Vehicle-to-grid, ajoneuvosta verkkoon

JOHDANTO

Energiajärjestelmä on muuttumassa, alalle on tulossa paljon uusiutuvaa tuotantoa, energian varastointia, kysyntäjoustoa ja sähköautoja. Myös kuluttajat ovat näistä kiinnostuneita. Sähkökeskuksen ollessa koko kiinteistön sähköistyksen perusta, joten sillä tulisi olla ainakin jonkinlaiset valmiudet edellä mainittujen liittämiseen. Omakotitalojen sähkökeskukset säilyneet ovat pääpiirteittäin samanlaisina jo kymmeniä vuosia. Sähkökeskus on pitkäikäinen asennus kiinteistössä, joten siinä on hyvä olla valmiuksia tulevaisuudenkin varalle.

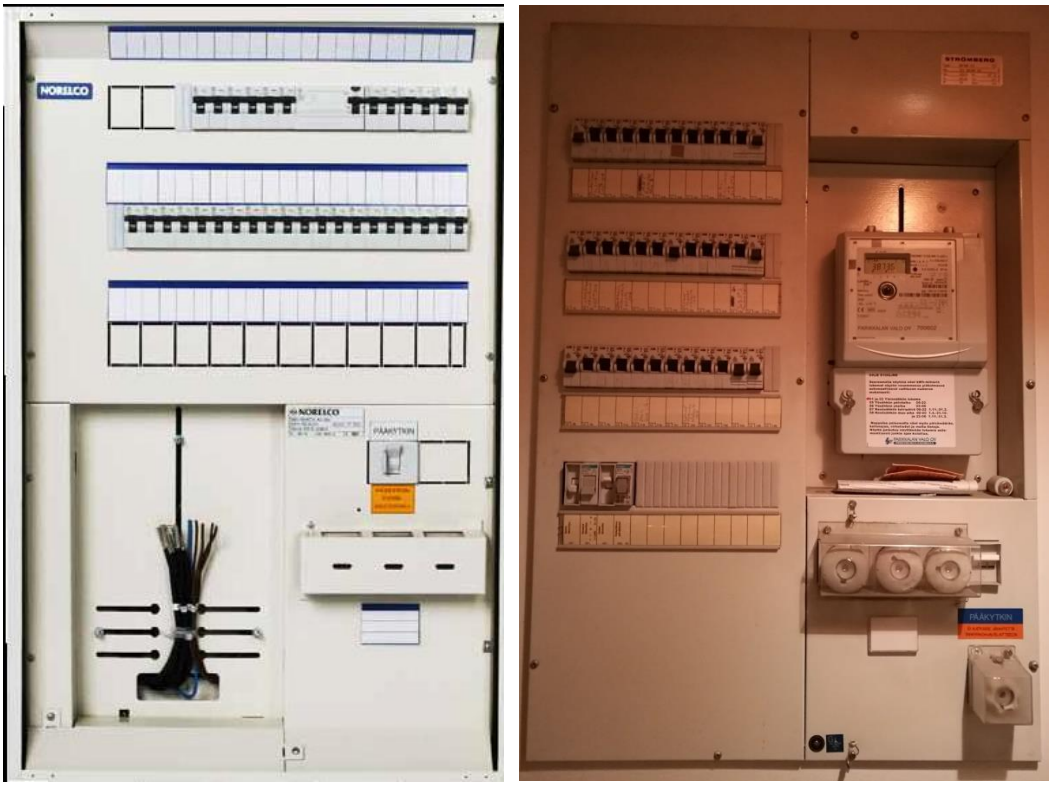
Tavoitteena oli selvittää tulevaisuuden sähkömarkkinoiden ja energiajärjestelmän asettamat vaatimukset omakotitalon sähkökeskukselle. Minkälaisia vaatimuksia uusiutuva energia ja sen varastointi aiheuttavat keskukselle, turvallisuus- ja markkinasäädöksien vaikutus, mahdolliset rakenteelliset muutokset, keskuksen valmiudet sähköauton lataukseen ja akkujen käyttöön varastona ja osallistuminen kysyntäjoustoon. Työ rajattiin näihin aiheisiin.

Työ tehtiin kirjallisuustutkimuksena, etsien mahdollisimman tuoretta tietoa tulevaisuuden sähkömarkkinoiden ja tekniikan kehityksen vaikutuksesta omakotitalon sähkökeskussuunnitteluun. Tietoa etsittiin mikrotuotannosta, sähköautoista, energian varastoinnista, sähköalan säädöksistä ja standardeista, kysyntäjoustosta ja sähkömarkkinoista. Löydetystä tiedosta tehtiin mahdollisimman tarkat johtopäätökset niiden vaikutuksesta keskussuunnitteluun. Tietoa etsittiin tieteellisistä ja laitevalmistajien tarjoamista lähteistä.

Työssä esitellään ensin sähkökeskus pääkomponentteineen sekä sähkökeskusten nykytilanne. Tämän jälkeen ovat esiteltyinä pientuotanto, varastointi, kysyntäjousto ja sähköautot, sekä niiden toteuttaminen omakotitalokohteessa ja liittäminen sähkökeskukseen. Seuraavaksi esitellään erilaisia tilanteita edellä mainittujen liittämisestä keskukseen ja suojauksen määrittelystä. Lopuksi tulokset on koottu yhteen johtopäätöksissä.

1. SÄHKÖKESKUS

Sähkökeskuksen tehtävä on jakaa verkosta tuleva sähkövirta talon eri tarpeisiin suojalaitteiden kautta valoille, pistorasioille tai laitteille. Nyt muuttuvat sähkömarkkinat ja energiajärjestelmä asettavat uusia vaatimuksia myös omakotitalojen keskuksille. Keskukseen oltaisiin liittämässä omaa mikrotuotantoa, sähkön varastointia, sähköauton latauspiste ja valmiudet kysyntäjouston toteuttamiseen. Omakotitalojen sähkökeskukset ovat säilyneet tulppasulakkeiden vaihtumista johdonsuojakatkaisijoiksi ja vikavirtasuojien tuloa lukuun ottamatta lähes samanlaisina jo monta kymmentä, kuten alla olevassa kuvassa on esitetty esimerkkinä. Pääsähkökeskuksen rinnalla voi olla myös ryhmäkeskuksia eri kerroksen tai eri rakennuksen ryhmien syöttöä varten.



Kuva 1.1 Vasemmalla Norelcon uusi omakotitaloon tarkoitettu sähkökeskus. Oikealla 1993 vuonna omakotitaloon asennettu Strömbergin 35 A nimellisvirralla oleva sähkökeskus, josta kuvia myöhemmin esimerkkeinä.

Standardin SFS 6000-5-51 mukaan ”suojalaitteet on sijoitettava ja merkittävä siten, että suojattavat piirit on helppo tunnistaa. Tämän takia on tarkoituksenmukaista sijoittaa suojalaitteet jakokeskuksiin”. Eli sähkökeskuksen komponentit tulisi asentaa kiinteistön pääsähkökeskukseen tai ryhmäkeskuksiin, joten on järkevää että keskuksessa on valmiudet

uusiutuvan energian tuotannon, sähköauton ja sähkövarastojen liitäntään. Nykyaikaiset kuvissa näkyvät omakotitalojen sähkökeskukset sisältävät varokkeita, pääkytkimen, vikavirtasuojia, kontaktoreita, riviliittimiä, mahdollisen IT-tilan ja tilan AMR-mittarille. Keskuksen pääkomponentit ovat esiteltyinä seuraavissa kappaleissa.

Kuva 1.2 Vuonna 1969 rakennetussa talossa vielä alkuperäinen sähkökeskus. Keskukseen on vain lisätty nykyaikainen etäluettava AMR-mittari. Ryhmäjohdoilla vielä tulppasulakkeet johdonsuojakatkaisjoiden sijaan.

Sähkökeskus on yleensä kiinteistön elinikäinen asennus, sillä sen vaihtaminen on työlästä sekä kallista. Myös johdotukset jouduttaisiin todennäköisesti uusimaan sähkökeskusta vaihtaessa vanhojen jäädessä lyhyiksi tai ollessaan elinkaarensa päässä. Jos koko kiinteistön sähköistys uudistetaan, tulee keskuksen vaihto silloin yleensä ajankohtaiseksi.

1.1 DIN-kisko

DIN-kisko on keskukseen kiinnitettävää liitäntäkiskoa keskukseen tuleville keskuskomponenteille. Kisko kiinnitetään joko keskuksen pohjaan suoraan tai korotuspaloilla, jotta halutut komponentit saadaan yltämään keskuksen kanteen. Kiskoihin kiinnitetään lähes kaikki sähkökeskuksen komponentit. Sen mitat ovat aina standardin EN 50022 mukaisia, joten kiskoon käy kaikkien standardia noudattavien valmistajien sille tekemät kojeet. Suurin osa

komponenteista kiinnittyy painamalla ja ovat helposti irrotettavissa avaamalla painolukitus esimerkiksi ruuvimeisselillä. Kiskoon kiinnitettävien keskuskomponenttien leveys ilmaistaan moduuleina. Yksi moduuli on 37.5 mm leveä (EN 50022, 1978).

1.2 Varokkeet

Varokkeen tehtävä on avata sähköinen piiri tietyssä ajassa virran ylittäessä sille asetetun arvon, eli suojata johtimia ja laitteita liian suurelta virralta. SFS 6000-4-43 mukaan jokainen virtapiiri on varustettava ylikuormitussuojalla, eli käytännössä varokkeella, joka avaa piirin ennen kuin piirin lämpötila nousee johdinta tai muuta osaa tai niiden ympäristöä vahingoittavalle tasolle. Eli varokkeita käytetään ylivirtasuojauksessa. Omakotitalokohteissa varokkeet käsittävät käytännössä tulppasulakkeet ja johdonsuojakatkaisijat.

1.2.1 Tulppasulake

Tulppasulakkeita käytetään nykyisin omakotitalokeskuksissa lähinnä pääsulakkeina. Tulppasulakkeen sulakelanka palaa varokkeen toimiessa lämpötilan noustessa avaten virtapiirin, jolloin se on vaihdettava uuteen.

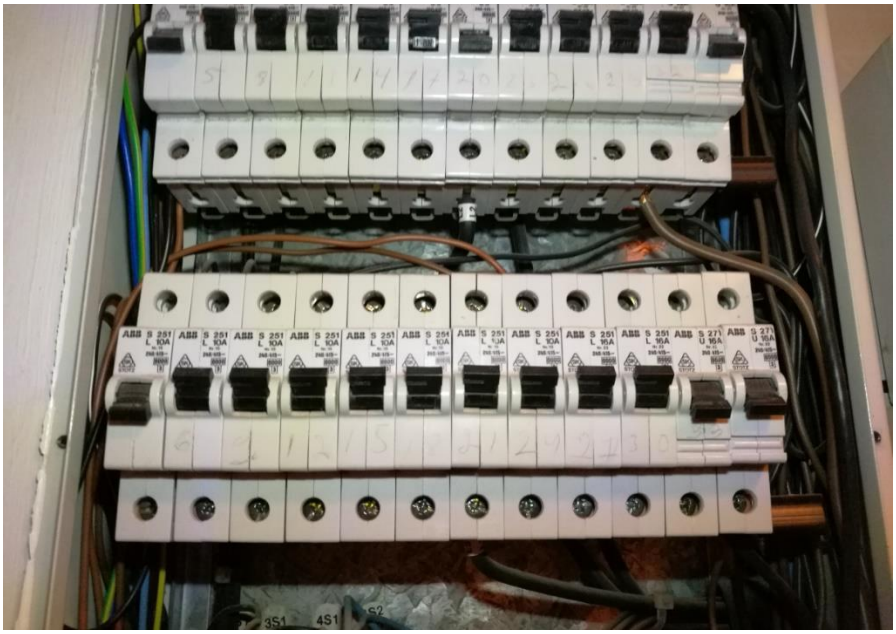
Kuva 1.1.1 Keskuksen 35 A pääsulakkeet, pääkytkin ja AMR-mittarin ohjauksen tulppasulake.

Tulppasulakkeet toimivat hitaammin kuin johdonsuojakatkaisijat, joten suojauksen selektiivisyys säilyy, kun tulppasulakkeet ovat lähinnä syöttöä. Tulppasulakkeet ovat myös

edullisempia suuremmilla virroilla kuin johdonsuojakatkaisijat. Selektiivisyydellä tarkoitetaan lähinnä vikaa olevan suojalaitteen laukeamisella ensin.

1.2.2 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisijoilla suojataan nykyisin yleensä kaikki omakotitalokohteiden sähkökeskusten ryhmäjohdot. Johdonsuojakatkaisija on sähkömekaaninen rele, jossa on ilmaeristeinen katkaisija. Se sisältää ylikuormitussuojauksen joka laukeaa virran lämpövaikutuksesta ja oikosulkusuojauksen joka laukeaa virran aiheuttaman magneettikentän vaikutuksesta. Johdonsuojakatkaisija avaa virtapiirin kun toinen suojauksista laukeaa, mutta virtapiiri voidaan sulkea ilman sulakkeen vaihtoa katkaisijasta toisin kuin perinteisen tulppasulakkeen tapauksessa, ellei koje rikkoudu toimiessaan.



Kuva 1.1.2 ABB:n yksivaiheisia johdonsuojakatkaisijoita asennettuna DIN-kiskolla. Syöttö on alhaaltapäin ja kaikki varokkeet ovat yhdistettynä kuparikiskolla syöttöpuolelta ja lähdöt ryhmille ja ohjauksille johdonsuojakatkaisijan yläpuolelta.

Johdonsuojakatkaisijat asennetaan yleensä korotetulle DIN-kiskolle, jotta kytkimet yltäisivät keskuksen kannesta läpi maallikoiden käytettäväksi. Katkaisijat myös numeroidaan ja nimetään keskuksesta löytyvään dokumentointiin, keskuksen pääkaavioon, jotta nähdään helposti mitä lähtöä katkaisija suojaa. Yksivaiheinen johdonsuojakatkaisija vie tilaa DIN-kiskolta yhden moduulin ja kolmivaiheinen kolmen moduulin verran.

1.3 Vikavirtasuojat

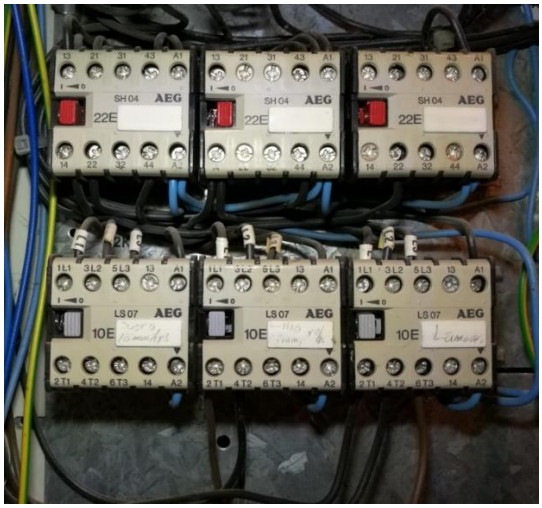
Vikavirtasuojan tehtävä on avata piiri, kun se havaitsee sille asetetun suuruisen vikavirran, joka on tyypillisesti henkilösuojaukseen mitoitettu 30 mA. Vikavirta on eristysviasta, eristyksen ohittamisesta tai sähköpiirin virheellisestä kytkennästä johtuva vika (SFS-EN 61439-1). Suojaan täytyy aina kytkeä myös N-johdin vaiheiden lisäksi, jotta se saa mitattua tarvittavan meno- ja paluuvirtojen erotuksen. Jos osa virrasta ei palaa oikeaa reittiä, vaan kulkee esimerkiksi henkilön kautta maaoikosulussa, suojaus toimii ja se katkaisee piirin. Vikavirtasuojia tulee SFS 6000-4-411.3.3 mukaan käyttää suojaamaan maallikoiden käyttämiä pistorasioita ja valaistusta enintään 20A asti, sekä ulkona käytettäviin enintään 32A pistorasioihin tai siirrettäviin laitteisiin (SFS 600-4-411, 2017). Yksivaiheinen vikavirtasuoja vie tilaa DIN-kiskolta kahden moduulin verran, koska siihen liitetään myös N-johdin. Vastaavasti kolmivaiheinen vaatii tilaa neljän moduulin verran.

1.4 Katkaisijat

Jokaisessa sähköasennuksessa pitää olla mahdollisuus erottamiseen jokaisesta syötöstä (SFS 6000-462). Omakotitalojen sähkökeskuksissa on yleensä vain yksi katkaisija, pääkatkaisija, joka on mitoitettu keskuksen nimellisvirran mukaan. Katkaisijalla voidaan manuaalisesti erottaa keskus jakeluverkon tai muusta syötöstä. Katkaisija vaaditaan myös muiden, kuin jakeluverkosta tulevan syötön erottamiseen.

1.5 Kontaktorit ja releet

Kontaktori on mekaaninen kytkinlaite, jota ohjataan ohjausvirralla. Kontaktori kykenee sulkemaan tai avaamaan virtapiirin. Kontaktori kykenee johtamaan ja katkaisemaan virran normaaleissa olosuhteissa ja ylikuormitettuna. Kontaktori kytketään sarjaan piiriin jota halutaan ohjata. Kontaktoreita käytetään yleensä kiinteistön suurien kuormien kuten sähkölämmityksen, lämminvesivaraajan ja ilmanvaihdon ohjaukseen. Rele toimii samalla tavalla kuin kontaktori, mutta ne ovat 1-vaiheisia kontaktorien ollessa 3-vaiheisia. Releitä käytetään yksivaiheisen piirin avaamiseen ja sulkemiseen, mutta niitä käytetään myös ohjauksissa, esimerkiksi ohjaamaan kontaktoria.



Kuva 1.5 Vasemmalla AEG:n kontaktoreita ja oikealla oikeassa reunassa Hagerin rele asennettuna DIN-kiskolla.

Kontaktorit syötetään yleensä yläpuolelta. Kontaktorit ja releet vaativat myös ohjausvirran toimiakseen, jolloin A1 liittimeen tuodaan ohjausvirta ja A2 liittimeen N-johdin liitettynä N-kiskoon. Kontaktorien koko vaihtelee valmistajan ja niiden nimellisvirran mukaan. Releet ovat yleensä yhden moduulin kokoisia.

1.6 AMR-mittari

AMR-mittarin asennus on jakeluverkkoyhtiön vastuulla, eli sähkökeskuksissa on vain sille tai joissain tapauksissa useammalle mittarille soveltuva asennustila johon syöttö pääsulakkeilta ja ryhmälähdöiltä on johdotettu valmiiksi. Mittari mittaa kiinteistön energiankulutusta sen läpi kulkevasta tehosta. Nykyisin asennettavat mittarit ovat etäluettavia.

Kuva 1.6 Parikkalan Valon AMR-mittari asennettuna keskukseen.

Uusiin sähkökeskuksiin ei enää asenneta vanhoja verkkoyhtiön manuaalisesti luettavia mittareita, vaan etäluettavia mittareita. AMR-mittareiden releitä voidaan käyttää päivä- ja yösähkön ohjaukseen.

1.7 Keskuksen suojamaadoitus

SFS-6000-4-41 mukaan suojamaadoitusjohtimeen on kytkettävä kaikki jännitteelle alttiit osat maadoitustapansa mukaan. PE-suojamaadoitusjohtimet ja N-nollajohtimet liitetään PE- ja N-kiskoon, johon on liitettynä myös kiinteistön maadoitus ja syötön N-johdin. Maadoitustapoja ovat maasta erotettu IT-järjestelmä jossa mikään piste ei ole yhdistettynä maahan, TT-järjestelmä joka ei ole Suomessa käytössä ja erilaisia TN-järjestelmiä. TN-C järjestelmässä on suojamaadoitus ja N-johdin on yhdistettynä PEN-johtimeksi, yleisin kiinteistöissä käytettävä TN-C-S jossa N-PE-kiskolta eteenpäin PEN-johdin jatkaa omina PE- ja N-johtimina sekä TN-S järjestelmä jossa liittymäpisteestä eteenpäin on erillinen PE- ja N-johdin (TAMK, 2013). Nykyisin uusissa asennuksissa omakotitaloissa käytetään lähinnä TN-C-S- tai TN-S-järjestelmiä, joten työ rajataan suojamaadoituksen osalta niihin.

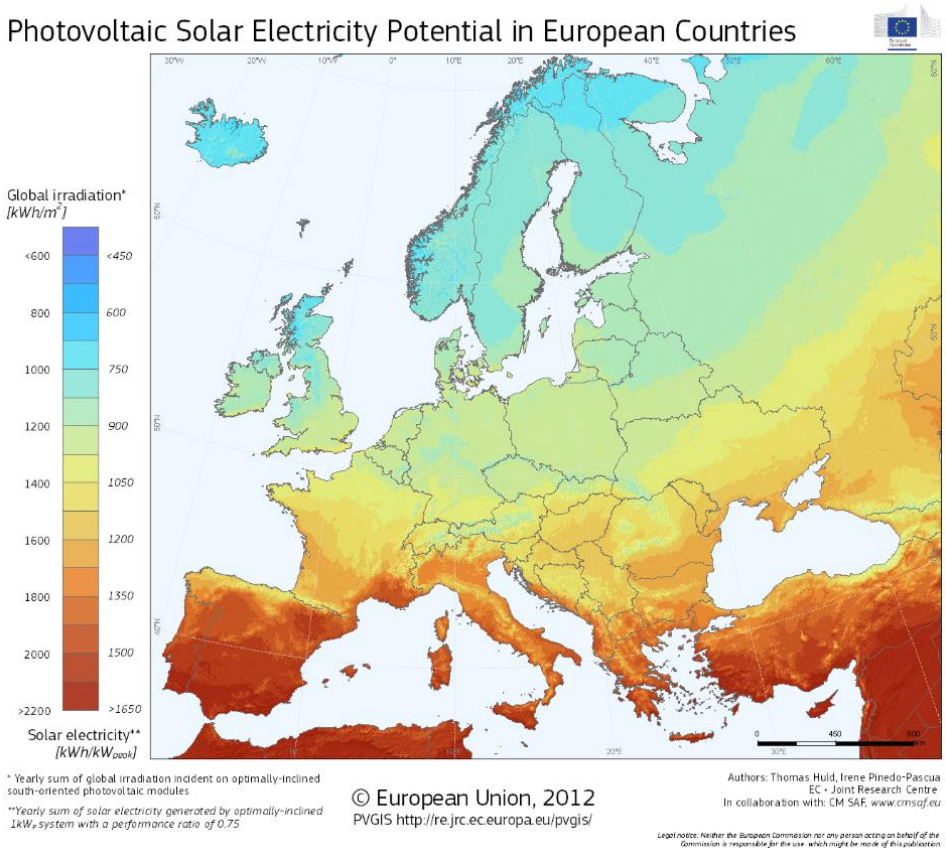
Kuva 1.8 PE- ja N-kisko TN-C-S järjestelmässä, eli syötön N-johdin yhdistettynä myös PE-kiskoon, joista eteenpäin PE- ja N-johtimet jatkavat erillisinä.

Kuvassa nähdään yhdistetyt kiskot eli PEN-kytkentä. TN-S järjestelmässä PE- ja N-johtimet jatkaisivat liittymäpisteeltä asti erillisinä, eli kiskoja ei yhdistettäisi.

2. AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa valosähköisellä ilmiöllä aurinkopaneelissa tasavirtaa. Tasavirta muunnetaan vaihtosuuntaajalla vaihtovirraksi kiinteistön sähkökäytön tarpeisiin. Tässä luvussa käydään läpi aurinkosähkön huomioon ottamisen motiiveja ja seuraavissa aurinkosähkön vaatimuksia sähkökeskukseen liittämiseen.

Vuonna 2014 tehdyn tutkimuksen mukaan Suomessa voidaan odottaa merkittävää kasvua aurinkosähköjärjestelmissä. Pientalojärjestelmiä arvioitiin olleen kytkettynä 2014 joitakin satoja. Toimijat uskoivat 5-10 vuoden päästä pientalojärjetelmiä olevan kytkettynä verkkoon noin 150 000 tuottaen arviolta 600-700GWh vuodessa, joka on hieman alle prosentti Suomen sähkönkulutuksesta. Suurimmaksi syyksi kasvuun arvioitiin aurinkosähköjärjestelmien halpeneminen. Aurinkosähköjärjestelmät omakotitalo käyttöön ovat muuttumassa koko ajan kuluttajalle kannattavimmiksi. Kannattavuuteen vaikuttavat kuitenkin vielä mahdolliset tuet tai sähkönhinnan nouseminen tai laskeminen. (Gaia, 2014)



Kuva 2.0 Auringon säteilyn potentiaali Euroopassa. (European Comission, 2017).

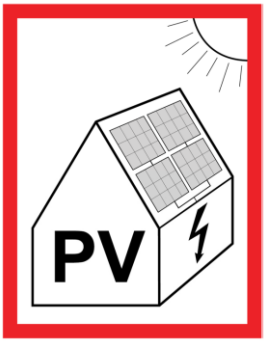
Kuvasta nähdään Suomessa olevan yhtä hyvät valmiudet aurinkosähköntuottoon kuin Pohjois-Saksassakin, jossa aurinkosähköntuotantoa on paljon. Suomessa tuotanto talvisin on kuitenkin vähäisempää. Omakotitaloihin nykyisin asennettavat aurinkosähköjärjestelmät ovat yleensä kokoluokkaa 3-5 kW. Aurinkosähköjärjestelmiä kotikäyttöön tarjoaa jo usea energia-alan yritys Suomessa. Pientuotannon liittämisestä sähköverkkoon on aina ilmoitettava ja sovittava paikallisen verkkoyhtiön kanssa Energiateollisuuden ”Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon” säädösten mukaisesti (Energiateollisuus, 2016).

2.1 Aurinkovoimalan liittäminen sähkökeskukseen

Oman tuotantovoimalan liittämistä sähkökeskukseen ohjaavat pitkälti standardit SFS 6000-7-712 ja alueen verkkoyhtiön vaatimukset. Standardi määrittelee aurinkosähköasennuksen termistöä seuraavasti. Aurinkosähköpaneeli on pienin ympäristöltä suojattu yhteen kytkettyjä valosähköisiä kennoja sisältävä kokonaisuus. Paneeliketju on virtapiiri, joka muodostuu yhdestä tai useammasta sarjaan kytketystä aurinkosähköpaneelista. Liitäntäkeskuksessa yhdistetään paneeliketjut ja se voi sisältää myös muita sähkölaitteita. Aurinkosähköpaneelisto koostuu yhteen kytketyistä paneeleista, paneeliketjuista ja paneeliston liitäntäkeskuksesta. Tähän mennessä mainitut muodostavat tasasähköosan. Aurinkosähkövaihtosuuntaaja muuttaa paneeliston tuottaman tasajännitteen ja tasavirran vaihtojännitteeksi ja vaihtovirraksi, josta alkaa asennuksen vaihtosähköosa. Vaihtosuuntaajasta voimala liitetään sähkökeskukseen vaihtosähkösyöttökaapelilla. (SFS 6000-7-712, 2017)

Paneelistolla vaaditaan tasasähköosassa tilanteen mukaisia suojauksia, jotka on käyty läpi tarkemmin standardissa SFS 6000-7-712, keskitytään vaihtosähköosaan. Sähkökeskukseen liittyvät suojaukset koskevat voimalan erottamista verkosta ja vaihtosähkösyöttökaapelin suojausta. Kaapelin ylivirtasuojauksen mitoitusvirrassa on otettava huomioon vaihtosuuntaajan suunniteltu virta. Suunniteltu virta on valmistajan ilmoittama suurin vaihtovirta tai 1,1 kertaa mitoitusvaihtovirta. Kaapelin ylivirtasuojaukseen tulisi siis käyttää yksi- tai kolmivaiheista varoketta asennuksesta riippuen, mutta yksivaiheiset voimalat saa liittää enintään 16 A varokkeella (Energiateollisuus). Keskuksen kanteen tulee merkitä aurinkosähkövoimalan asennus siihen kuuluvalla kuvalla. Verkosta erottamiseen vaihtosähkösyöttökaapelin ja sähkökeskuksen syötön välille tulee asentaa lukittava turvakatkaisin. Katkaisija tulee sijoittaa ulos tai sisälle paikkaan johon verkkoyhtiöllä on pääsy, eli katkaisija voidaan sijoittaa myös sähkökeskukseen olettaen että verkkoyhtiöllä on pääsy sen luokse. Katkaisija tarvitaan

erottamaan voimalan syöttö voimalan huolto- ja korjaustilanteissa sekä estämään voimalan syöttö jakeluverkkoon sen huolto- ja korjaustilanteissa.



Kuva 2.1 Aurinkovoimalasta kertova merkki sähkökeskuksen kanteen. (SFS 6000-7-712, 2017)

Aurinkovoimalan tuotantoa tulee mitata, jotta sen verkkoon syöttämästä energiasta voidaan maksaa korvaus. Suurin hyöty saadaan jos voimalalla tuotettu energia käytetään itse. Jos tuotantolaitos on nimellisteholtaan enintään 100 kVA, ei voimalalle vaadita erillistä mittausta vaan se voidaan hoitaa kaksisuuntaisen etäluettavan AMR-mittarin kautta, joka mittaa verkkoon syötetyn ja verkosta otetun energian (Energiateollisuus, 2016). Käytännössä omakotitalokohteissa voimaloiden tehot jäävät alle 100 kVa, joten keskukseen riittää varata tila yhdelle AMR-mittarille. Oman tuotannon kulutusta voi mitata, eli itse käytettyä energiaa voimalasta mutta sitä ei vaadita. Omaa tuotantoa voi mitata DIN-kiskoon liitettävällä yksi- tai kolmivaiheisella energiamittarilla.

Sähkökeskukseen tarvitaan siis jo asennettuna tai ainakin tilavaraukset yksi- tai kolmivaihe varokkeille, katkaisijalle ja omatuotantomittarille. Johdinten osalta vaihtosähkösyöttökaapelille tarvitaan läpivienti ja PE-johtimelle liitäntä maadoituskiskoon.

2.2 Varastot ja niiden liittäminen sähkökeskukseen

Uusiutuvien energiantuotantomuotojen kasvun myötä myös energianvarastointi on kehittynyt. Yksityiskäyttöön energianvarastointia on jo tarjolla, esimerkiksi Teslan Powerwall, mutta tarjonta on vielä suppeaa. Varastona voi toimia myös sähköauton akku, joka tuo kuitenkin omat haasteensa verrattuna kiinteään varastoon, koska varasto ei ole tällöin aina käytettävissä. Kysyntäjoustossa varastoa voidaan ladata kun sähkö on halpaa ja myydä verkkoon sähkön ollessa kallista. Varastolla voidaan myös varata omaa pientuotantoa myöhempää

käyttöä varten ennemmin kuin myydä sitä verkkoon, jolloin pientuotannosta saadaan suurempi hyöty. Varasto toimii myös varasyöttönä sähkökatkosten aikana.

Akuston liittämistä kiinteistön sähköjärjestelmään ohjaa standardi SFS-EN 50272-2. Keskitytään sähkökeskukseen vaikuttaviin standardeihin, eli varaston vaihtosähköosaan. Akustojen sijoittamisesta, kosketussuojauksesta ja tasasähköosan suojauksista on tietoa samassa standardissa. Kiinteistöjen varastot ovat paikallisakustoja, eli ne on kytketty pysyvästi sekä kuormaan että tehonsyöttöön. Akusto tulee voida erottaa ja poiskytkeä kaikista syöttö- ja ulostulovirtapiireistä. Akustoon kuuluu aina vaihtosähkösuuntaaja, jonka sähkökeskukseen tuleva vaihtosähkösyöttökaapeli on suojattava. Akustolla ja pientuotannolla voi kuitenkin olla myös yhteinen vaihtosähkösuuntaaja. Sähkökeskukseen tarvitaan siis asennettuna tai tilavarauksena tilaa yksi- tai kolmivaiheiselle johdonsuojakatkaisijalle, turvakatkaisijalle, läpivienti vaihtosähkösyöttökaapelille ja PE-johtimelle liitäntä suojamaadoituskiskoon.

3. KYSYNTÄJOUSTO

”Kysyntäjoustolla tarkoitetaan sähkönkäytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan tai käytön hetkellistä muuttamista tehotasapainon tarpeisiin” (Fingrid, 2018). Tehotasapainon hallinta on entistä tärkeämpää joustamattomien uusiutuvien energiamuotojen lisäytyessä. Tehotasapainolla tarkoitetaan sähkön kulutuksen ja tuotannon suhdetta. Jos tuotanto ja kulutus on tasapainossa pysyy taajuus 50 Hz, jos tuotantoa enemmän niin taajuus kasvaa ja jos kulutusta enemmän niin taajuus pienenee. Kotitalouksissa kysyntäjousto tarkoittaisi kulutuksen vähentämistä kun sähkön hinta on korkea tai kulutus on suurta ja vastaavasti kulutuksen nostoa jos sähkön hinta on alhainen tai sähkön tuotanto on liian korkea. (Fingrid, 2018)

Nykyisin kysyntäjoustoa toteutetaan lähinnä yösähkökäytöllä, jossa yleensä käytetään hyödyksi AMR-mittarin releitä ohjaamaan kontaktoreita sähkölämmityksessä ja vedenlämmityksessä (Fingrid, 2016). Kysyntäjoustopotentiaalia olisi erityisesti sähkölämmityksessä jota on pientalokohteissa noin 4500 MW ja josta puolta on valmius ohjata AMR-mittareiden ohjausreleillä (Energiateollisuus, 2016). Toinen suuri ohjauspotentiaali olisi lämpöpumpuissa niiden lämmityskaudella. Muita kohteita kysyntäjouston hyödyntämiseen omakotitalokohteissa olisivat myös lämminvesivaraajat, kylmäkoneet, sähköauton lataus ja purku, uusiutuva tuotanto ja energiavarastot. Sähkövisio 2035 ennustaakin merkittävän osan pientaloista

osallistuvan kysyntäjoustoon kuormien automaattisella pudottamisella tai akkuvarastoilla (Energiateollisuus, 2016).

Kuluttajat eivät vielä laajemmin osallistu kysyntäjoustoon, vaan sitä on nykyisessä muodossaan toteutettu raskaassa teollisuudessa, jossa prosessien kuormaa on käytetty tehotasapainon ylläpidossa (Fingrid, 2016). Työ- ja elinkeinoministeriön Demos Helsingiltä tilaaman selvityksen mukaan kysyntäjousto ja sen palvelukokonaisuudet lisäisivät asumismukavuutta ja niiden avulla voisi vaikuttaa omiin energiakustannuksiin ja ilmastonmuutoksen torjumiseen. Selvityksen mukaan vuonna 2024 suurin osa kotitalouksista osallistuisi kysyntäjoustomarkkinoille, mutta arvion aikajänne on summittainen. (Demos Helsinki, 2017)

3.1 Kysyntäjouston toteutus omakotitalokohteissa

Kysyntäjouston toteuttaminen vaatisi käytännössä mittauksen kohteen lämpötilasta tai muusta oleellisesta, ohjausyksikön, kontaktorin ja mittauksen säästetystä tai käytetystä energiasta. Jousto ei saisi rajoittaa kohdetta liikaa, jotta se pysyisi kuitenkin kuluttajan asettamien rajojen sisällä jouston toteuttamisesta huolimatta. Huomioon suunnittelussa täytyy ottaa kuitenkin myös kohteen omat ohjaukset ja käyntiluvat, mikä voi vaatia muutakin johdotusta kohteelta kuin mittauksen (Jarmo Saari Sympower, 2017). Ohjausyksikkö saa tiedot kohteelta ja verkkoyhtiöltä tai Finngridiltä ja toteuttaa tarvittaessa joustoa. Ohjausyksikkö ohjaa kohteen kontaktoreita omilla releillään. Virtamuuntajien, jotka muuntavat mitattavan virran pienemmäksi mittareille sopivaksi, kautta mitataan kulkevaa virtaa, josta saadaan säästetty tai käytetty teho. Tilaa keskukseen tavittaisiin siis ohjausyksikölle, kontaktoreille kohteiden lukumäärän mukaan, virtamuuntajille ja mittalaitteelle. Läpivientejä järjestelmä vaatisi ilman joustoa verrattuna lämpötilamittauksille ja mahdollisille ohjauksille. Kysyntäjoustoa voitaisiin toteuttaa myös seuraavan sukupolven sähkömittareilla, eikä erikseen hankittavalla tekniikalla (Demos Helsinki, 2017). Uusilla älymittareilla ohjattaessa tilaa ei tarvitsisi varata erillisille ohjausyksiköille tai virtamuuntajille.

Kysyntäjouston toteutukseen varautuminen sarjatuotetuilla keskuksilla on hankalaa, koska valmiita ratkaisuja jouston toteuttamiseen ei ole vielä laajasti tarjolla. Myös tilanteet muuttuvat suuresti riippuen millä kuormalla joustoa toteutetaan ja minkä merkkisiä ja mallisia laitteita joustolla pysäytettäisiin tai käytettäisiin.

4. SÄHKÖAUTO

Täyssähköautolla tarkoitetaan autoa jonka ainoana voimanlähteenä on sähkömoottori. Lataushybridillä voimanlähteenä on sähkömoottorin lisäksi polttomoottori. Täyssähköautot ja lataushybridit ovat yleistymässä Suomessa ja niiden määrän arvioidaankin nousevan vuoteen 2020 mennessä kymmeniin tuhansiin. Pariisin ilmastosopimuksen tavoitteisiin pääsemisessä sähköautoilla on tärkeä osuus Suomen liikenteessä. (Motiva, 2017) Täyssähköautojen ja lataushybridien hankintaa tuetaan vanhojen autojen romutuspalkkiolla, jossa vanhan auton romuttamisesta ja uuden täyssähköauton tai lataushybridin hankkimisesta saa 2500 € suuruisen tuen. Lisäksi täyssähköauton hankintaa tuetaan 2000 € suuruisella sähköauton hankintatuella. (Trafi, 2018) Sähköajoneuvojen latauksesta yli 90 prosenttia tapahtuu kotioloissa ja vajaat 10 prosenttia julkisissa latauspisteissä. (Motiva, 2017) Siksi sähköauton liitäntäpisteen ottaminen huomioon jo keskussuunnittelussa on järkevää.

4.1 Sähköauton latauspisteen liittäminen sähkökeskukseen

Sähköauton liitäntäpisteen liittämistä sähkökeskukseen ohjaa standardi SFS-6000-7-772. Liitäntäpiste on kiinteä asennus jolla liitetään sähköajoneuvo talon sähköjärjestelmään. Liitäntäpiste voi olla pistorasia tai pistoke tai kiinteästi asennettu standardin SFS-EN 61851 mukainen sähköajoneuvon latausasema. Sähköajoneuvon lataustavat on jaettu neljään eri ryhmään. Ensimmäinen lataustapa sisältää enintään 16 A mitoitusvirralla ja jännitteeltään enintään 250 V yksivaiheiset tai 480 V kolmivaiheiset suojamaadoitetut pistorasiat joihin sähköajoneuvo liitetään suoraan omalla latauskaapelillaan. Lataustapaa yksi käyttävät yleensä autoja kevyemmät sähkökäyttöiset ajoneuvot. Lataustapa kaksi sisältää saman jännitteiset, mutta korkeintaan 32 A mitoitusvirraltaan olevat pistorasiat joihin sähköajoneuvo liitetään suoraan omalla latauskaapelillaan. Lisäksi lataustavassa kaksi käytetään ohjaustoimintoja lataukseen, jotka ovat latauskaapelissa itsessään ja vikavirtasuojaa sähkökeskuksessa henkilösuojaukseen. Lataustapa kolme tarkoittaa kiinteästi asennetun sähköajoneuvon latausjärjestelmän käyttöä, jossa on omat ohjaustoiminnot ajoneuvon lataukseen ja omanlainen pistokkeensa. Lataustapa kolme sisältää esimerkiksi kotilatausasemat. Lataustavat yhdestä kolmeen tapahtuvat vaihtovirralla. Lataustapa neljä tarkoittaa latausta ohjatulla ajoneuvon ulkopuolisella DC-latausasemalla, jollaisia ovat esimerkiksi julkiset sähköauton latauspisteet. Kotikäytössä yleisimmät ovat lataustapa kaksi ja kolme. (Motiva, 2017)

Standardin mukaan sähköajoneuvon syöttämiseen pitää aina käyttää omaa virtapiiriä, eli sitä ei saa kytkeä rinnan muiden pistorasioiden kanssa. Samaan virtapiiriin voidaan kuitenkin liittää myös ajoneuvon lämmitys. Jos liitäntäpistettä ei ole sähköisesti erotettu, täytyy se suojata vähintään tyypin A vikavirtasuojalla. Erikseen syötettävää liitäntäpistettä on suojattava myös ylivirtasuojalla. Sähköauton lataukseen kulunutta energiaa voidaan halutessa mitata erillisellä energiamittarilla, ellei latausasemassa ole mittausta jo valmiina. Jos sähköautoa käytetään myös varastona eli syötetään autolta keskusta V2G muodossa riittävät edellä mainitut suojaukset myös tähän käyttöön. V2G vaatisi kuitenkin tavan neljä latauksen, eli DC-latausaseman joita ei kotikäyttöön ole vielä saatavilla.

Tilaa tulisi siis varata riippuen liitäntäpisteen vaiheiden määrästä yksi- tai kolmimoduulisille johdonsuojakatkaisijoille, vikavirtasuojille ja energiamittarille. Johdinten osalta latausaseman tai pistokkeen vaihtosähkösyöttökaapelille läpivienti keskukseen ja liitännät PE-kiskoon.

5. SKENAARIOT

Seuraavissa kappaleissa käsitellään erilaisia tilanteita, joissa sähkökeskukseen liitetään edellä mainittuja ratkaisuja. Esitellään laitteiden suojauksien mitoitus valituille esimerkki laitteille.

Ylikuormitussuojan mitoitukseen tarvitsemme tehon yhtälöä

$$P = UI, \tag{1}$$

missä

P on teho
U on jännite
I on virta.

Vastaavasti kolmivaiheisen kuorman vaihevirta saadaan laskettua yhtälöllä

$$I_v = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}, \quad (2)$$

missä

P on teho
U on jännite
I on virta
cos φ on tehokerroin.

Ylikuormitussuojaa valittaessa pätee ehdot standardista SFS 6000-4-433.1

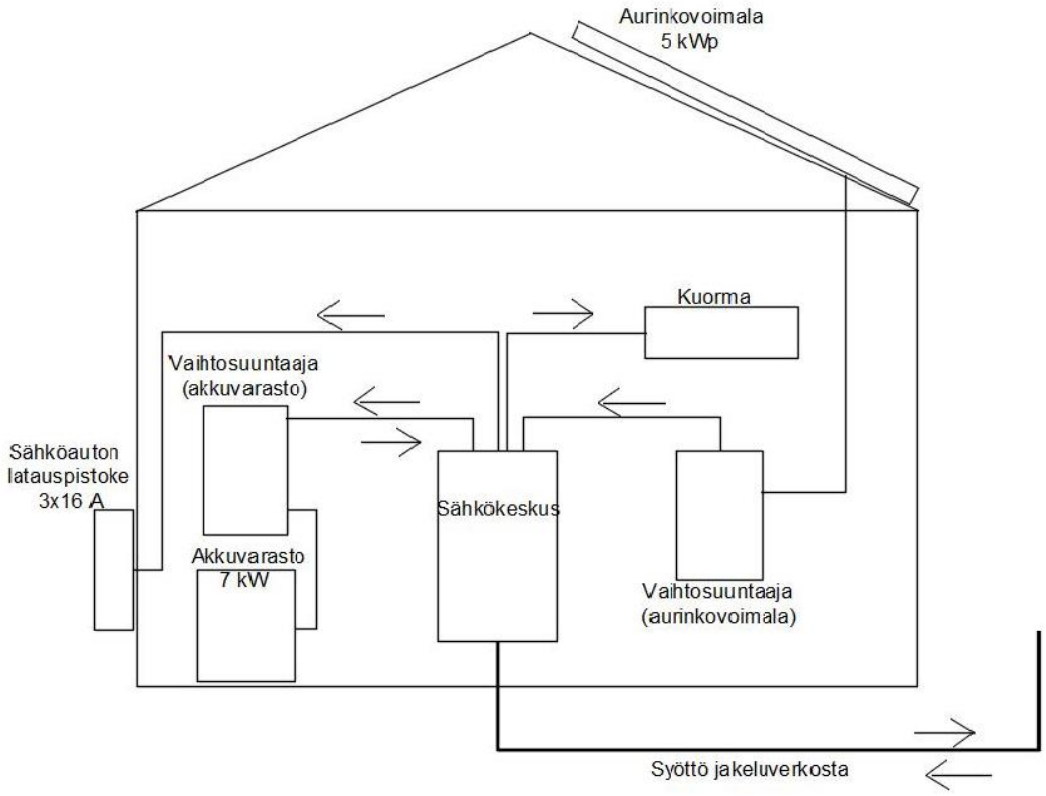
1) $I_B \leq I_n \leq I_z$ (3)
2) $I_2 \leq 1{,}45 \leq I_z$

missä

I_B on piirin suunniteltu virta
I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus
I_n on suojalaitteen mitoitusvirta
I_2 on virta, jolla suojalaite toimii tavanomaisessa toiminta-ajassa.

5.1 Aurinkosähkö, varasto, sähköautonlataus ja kysyntäjousto

Käsitellään aluksi tilannetta jossa sähkökeskukseen liitettäisiin kaikkia aiemmin käsiteltyjä ratkaisuja nykytekniikalla kuvan 6.1 osoittamalla tavalla. Valitaan aurinkosähköjärjestelmäksi kolmivaiheinen 5.2 kWp tehoinen järjestelmä. Akkuvarastoksi valitaan Teslan Powerwall, jonka huipputeho on 7 kW (Tesla, 2018). Sähköautonlataus tapahtuu sille tarkoitetusta kolmivaiheisesta pistokkeesta lataustavan kolme mukaisesti. Kysyntäjoustoon osallistuminen toteutetaan AMR-mittarin kautta, joka ohjaa sähkölämmitystä ja lämminvesivaraajaa.



Kuva 5.1 Sähkökeskukseen liitettynä aurinkosähkö, varasto ja sähköautonlatauspistoke. Nuolet merkitsevät virran suuntaa.

Kuten aiemmin mainittu vaatii aurinkovoimala keskukseen ylikuormitussuojauksen, katkaisijan ja haluttaessa omakulutusmittarin. Määritetään ensin ylikuormitussuojaus vaihtosähkökaapelille 5 kWp voimalan tapauksessa. mitoituksessa käytettävät taulukot löytyvät standardista 6000-5 (SFS 6000, 2017). Vaihtosähkökaapelin oletetaan kulkevan rakennuksen ulkoseinällä, joten käytetään korjauskertoimia määrittäessä asennustapaa B2, jolloin taulukosta 6000-5-B52.1 sarakkeesta viisi saadaan johtimien kuormitettavuudet I_z. Kun P = 5 kWp, U = 400V ja tehokertoimeksi oletetaan 1 saadaan vaihevirraksi kaavalla 2 I_v=7.2 A, joka on samalla piirin suunniteltu virta I_B. Näin ollen voidaan johdonsuojakatkasijaksi valita kolmivaiheinen C10. Saadulla virralla saadaan SFS-6000-5-52.1 taulukosta Y.52.1 johtimen kuormitettavuuden minimiarvoksi 13.5 A. Taulukosta B.52.1 nähdään 2,5-mm^2 kuparijohtimen ylittävän kuormitettavuuden minimiarvo, joten valitaan vaihtosähkösyöttökaapeliksi kolmivaiheinen 2,5 CU. Nyt molemmat kaavan 3 ehdot ylikuormitussuojauksen kannalta toteutuvat. Katkaisijan olisi hyvä olla käytettävissä keskuksen kannesta, ilman suojakannen avaamista, jotta voimala voidaan helposti erottaa jakeluverkosta. Omakulutusenergiamittari on myös hyvä asentaa voidakseen seurata voimalan todellista tuottoa ja siitä saatavaa hyötyä.

Varaston liittäminen keskukseen vaatii ylikuormitussuojan ja katkaisijan. Varaston vaihtosähkösuuntaajan huipputeholla P = 7 kW saadaan kaavalla 1 varaston ollessa yksivaiheinen virraksi I_B = 30.4 A. Johdonsuojakatkaisijaksi valittaisiin korjauskertoimesta riippuen 32-A tai 35-A yksivaiheinen katkaisija, valitaan tässä tapauksessa 32-A. Määritetään loput arvot samoista taulukoista kuin edellä ja johtimen kuormitettavuuden minimiarvoksi saadaan 35-A, joten johtimeksi valitaan 3x6-mm^2-CU. Vaihe kytketään eniten kuormitettuun vaiheeseen, varaston ollessa yksivaiheinen. N- ja PE- johtimet kytketään PE- ja N-kiskoon.

Sähköautonlatauspistokkeen liittäminen keskukseen vaatii vikavirtasuojan, ylikuormitussuojauksen ja energiamittarin sähköauton latauksen kulutuksen seuraamiseen. Latauksen ollessa 3x16-A voidaan johdonsuojakatkaisijaksi valita suoraan kolmivaiheinen C-16 katkaisija. Vikavirtasuojaksi valitaan 30-mA nelinapainen asennuksen ollessa kolmivaiheinen. Energiamittari on näin ollen oltava myös kolmivaiheinen. Määritetään johdin samalla tavalla kuin aurinkovoimalan tapauksessa ja päädytään 2.5-mm^2 kuparijohtimeen.

Taulukko 5.1 Järjestelmien vaatimat kojeet ja läpiviennit johdoille sähkökeskukseen. Sulut jos koje ei ole pakollinen.

	Huipputeho (kW)	*Piirin suunniteltu virta (A)*	*Johdonsuojakatkaisija*	*Vikavirtasuoja*	*Katkaisija (vaiheiden lukumäärä)*	*Energiamittari (vaiheiden lukumäärä)*	*Johdin CU (mm^2) Läpiviennit*	*Moduulit (kpl)*
Aurinkovoimala	5.2	3x7	3xC10	-	3	(3)	5 x 2.5	9
Energiavarasto	7	1x30	C32	-	2	(2)	5 x 6	5
Sähköautonlataus	6.4	3x16	3xC16	4-napainen	-	(3)	5 x 2.5	10

Yhteensä järjestelmät vaatisivat keskuksesta tilaa DIN-kiskoilta yhteensä 24 moduulin verran ja kaksi 2,5 mm^2 liitäntää sekä PE-, että N-kiskoilta ja yhdet 6 mm^2 liitännät. Jos kysyntäjoustoa toteutettaisiin AMR-mittarin kautta 2-tariffijärjestelmässä ei sen toteuttaminen vaatisi lisäkojeita.

5.2 Yhdistetty aurinkosähkö ja varasto sekä sähköautonlatauspiste

Käsitellään tilannetta, jossa sähkökeskukseen liitetään yhdistetty aurinkosähkön tuotanto ja varastointi ja yksivaiheinen sähköautonlatauspistoke lataustavalla kaksi. Valitaan 6.4 kWp

tehoinen aurinkovoimala, kolmivaiheinen sonnenBatterie Hybrid 8.1 ja yksivaiheinen sähköautolle tarkoitettu 32-A pistoke lataustavalla kaksi (Solarfactory, 2018). Sähkövaraston kooksi valitaan 12 kWh, se sisältää sekä PV- että akkuinverterin ja sen huipputeho AC-verkkoon on 5.5 kW (Solar Factory, 2018). Aurinkovoimala kytketään energiamittauksen kautta varastoon, jossa on sille valmiina invertteri. Varaston kautta se kytkeytyy sähkökeskukseen. Käsitellään varastoa ja tuotantovoimalaa siis yhtenä kokonaisuutena soveltaen siihen aurinkovoimalan liittämisen vaatimuksia. Muuten määritellään suojalaitteet kuten edellä.

Taulukko 5.2 Järjestelmien vaatimat kojeet ja läpiviennit johdoille sähkökeskukseen. Sulut jos koje ei ole pakollinen.

	Huipputeho (kW)	*Piirin suunniteltu virta (A)*	*Johdonsuojakatkaisija*	*Vikavirtasuoja*	*Katkaisija (vaiheiden lukumäärä)*	*Energiamittari (vaiheiden lukumäärä)*	*Johdin CU (mm^2) Läpiviennit*	*Moduulit (kpl)*
Aurinkovoimala ja energiavarasto	5.5	3x8	3xC10	-	3	(3)	5 x 2.5	9
Sähköautonlataus	7.4	1x32	1xC32	2-napainen	-	(1)	3 x 6	5

Kuten taulukosta 6.2 huomataan, vaaditaan yhdistämällä aurinkovoimala ja varastointi huomattavasti vähemmän tilaa kojeille sähkökeskuksesta. Tilannetta käsiteltiin nykystandardien mukaan, mutta harkittavana on erikoisvaatimuksia standardiin SFS 6000-7-712 aurinkosähkötuotannolle, joiden yhteyteen on kytkettynä akkuja tai muita energiavarastoja. Myös yksivaiheisella sähköautonlatauspistokkeella saadaan säästettyä tilaa keskuksesta viiden moduulin verran verrattuna hieman pienitehoisempaan kolmivaiheiseen lataukseen.

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Sähkömarkkinoiden muutokset kannattaa ottaa huomioon omakotitalon sähkökeskussuunnittelussa, koska sähkökeskus on yleensä pitkäikäinen sijoitus. Muutoksia voi tällä hetkellä ottaa huomioon lähinnä nykytekniikan mukaan. Suoria virta-arvoja suojalaitteiden ja kontaktorien mitoitukseen kaikille vaihtoehdoille ja kysyntäjouston toteutuksen vaatimuksia on hankala arvioida, sillä ne riippuvat asennuksesta. Tilavaraus kaikille voidaan kuitenkin

arvioida. Asiakkaan tilatessa uusi keskus kiinteistöön johon on suoraan tulossa työssä käsiteltyä tekniikkaa, saadaan keskus suoraan mitoitettua niille. Tulokset ovat esitettyinä nykystandardien mukaa, mutta standardeja uudistetaan jatkuvasti. Keskukset ovat yleensä jo täyteen varustettuja, joten keskuksia täytyy suurentaa sähkömarkkinoiden muutoksiin varautuessa, ellei niissä ole valmiiksi tarpeeksi tilaa uusille kojeille. Alla olevassa taulukossa on koottuna asennusten vaatimat tilavaraukset.

Taulukko 6 Asennuksien vaativien tilavarausten koot, jossa numeroilla ilmaistuna tarvittava moduulimäärän tila DIN-kiskolta. Pilkulla on erotettuna ensin yksivaiheisen ja kolmivaiheisen tila. Suluissa jos vaihtoehtoinen.

	Johdonsuojakatkaisin	*Vikavirtasuoja*	*Katkaisin*	*Kaapelin läpivienti keskukseen, sekä tilaa PE- ja N-kiskolta*	*Energiamittari*	*Moduulit (kpl)*
Aurinkosähkö	1, 3	-	1, 3	X	(2, 4)	4, 10
Sähkövarastot	1, 3	-	1, 3	X	(2, 4)	4, 10
Sähköauto	1, 3	2, 4	-	X	(2, 4)	5, 11

Aurinkosähkövoimalat yksityiskäytössä tulevat varmasti yleistymään paneelien hintojen jatkaessa laskuaan. Aurinkovoimala on käsitellyistä tekniikoista tällä hetkellä yleisin ja teholtaan myös helpoiten ennustettavissa, koska se mitoitetaan kiinteistön sähkönkulutuksen mukaan. Aurinkovoimalaan kannattaa varautua keskussuunnittelussa pienissä omakotitalokohteissa taulukon mukaan yksivaiheisella tilavarauksella ja suuremmissa kolmivaiheisella tai jos voimalan koko jo tiedetään tai se on helposti arvioitavissa niin valmiilla kojeilla.

Tuotteita sähkönvarastointiin kuluttajalle ei ole vielä laajalti tarjolla, mutta sähkönvarastointi tulee varmasti yleistymään omakotitalokohteissa aurinkosähkön yleistyessä. Tuotteiden ollessa vielä harvassa kannattaa varastointiin varautua tilavarauksella taulukon 7 mukaan aurinkovoimalan yhteydessä. Jos yhdistetyt aurinkovoimala- ja varastointijärjestelmät, niin sanotut hybridijärjestelmät, yleistyvät niin voidaan siihen varautua yksillä suojalaitteilla kahden eri piirin sijaan.

Sähköautojen määrät tulevat nousemaan valtion tukiessa niiden hankintaa ilmastosopimuksen tavoitteisiin päästäkseen, joten myös sähköautojen lataus kotona tulee yleistymään suurimman osan latauksesta tapahtuvan kotioloissa. Sähköautojen latausvirrat tulevat myös kasvamaan latauksen ja akkujen kapasiteetin kehittyessä. Sähköautonlatauspistokkeeseen voidaan varautua suoraan tilavarauksella taulukon 7 mukaan ja latausvirtojen noustessa yksivaiheinen lataus todennäköisesti vähenee. Jos kiinteistöön valitaan suoraan kaikille sähköautoille ja lataushybrideille sopiva 2 tai 3 lataustavan mukainen pistoke, voidaan kojeet mitoittaa suoraan sille sopivaksi.

Kysyntäjouston toteuttamiseen omakotitalokohteissa on vaikeaa varautua, ellei ole tiedossa millaisella tekniikalla se toteutetaan ja toteutetaanko se erillisellä ohjauslaitteella vai uudella älymittarilla. Kysyntäjoustoon osallistumiseen ja vaadittavan tekniikan hankkimiseen ei ole kuluttajalle tällä hetkellä suuria kannustimia. Ajankohtaisempaa kysyntäjoustoon varautuminen olisi yksityisten saadessa korvausta jouston toteuttamisesta, alennusta tehopohjaisista siirtomaksuista tai verkkoyhtiöiden toteuttaessa sitä laajamittaisesti omalla asiakaskunnallaan. Kuluttajien kysyntäjoustoon osallistuminen on todennäköisesti ajankohtaista seuraavilla vuosikymmenillä, eli nykyisten keskuksien eliniän aikana. Keskussuunnittelun yhteydessä ei kannata varautua kysyntäjouston yleistymiseen muutoin kuin tilavarauksin kontaktoreille ja mahdollisille ohjauslaitteille.

LÄHTEET

Demos. 2017. Kysyntäjousto kuluttajan näkökulmasta. Helsinki: Demos Helsinki. [verkkodokumentti]. [viitattu 6.6.2018] Saatavissa https://www.demoshelsinki.fi/julkaisut/selvitys-kysyntajousto-kuluttajan-nakokulmasta/

EN 50022. 1978. Specification for low voltage switchgear and control gear for industrial use. Mounting rails. Top hat rails 35 mm wide for snap-on mounting of equipment. Deutsches Institut fur Normung E.V. (DIN)

Energiateollisuus. 2016. Sähkömarkkina- ja verkkovisio 2035 & Roadmap 2025. Helsinki: Energiateollisuus ry. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.2.2018]. Saatavissa https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/visio_2035_ja_roadmap_2025_hankkeen_loppuraportti_-_sahkotutkimuspoolin_julkaisu.html

Energiateollisuus. 2016. Sähköntuotantolaitoksen liittäminen jakeluverkkoon. Helsinki: Energiateollisuus ry. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.2.2018]. Saatavissa https://www.venergia.fi/assets/Uploads/Ohje-tuotannon-liittamisesta-jakeluverkkoon-PAIVITETTY-20160427.pdf

European Comission. 2017. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). European Comission. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.2.2018]. Saatavissa http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

Fingrid. 2018. Kysyntäjousto. Helsinki: Fingrid Oyj [verkkodokumentti]. [viitattu 18.2.2018] Saatavissa https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/kysyntajousto/

Fingrid. 2016. Kysynnänjouston pilottiprojekti. Helsinki: Fingrid Oyj. [verkkodokumentti]. [viitattu 7.2.2018] Saatavissa https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/kysyntajousto/kysynnanjouston-pilottiprojekti-loppuraportti-julkinen.pdf

Gaia. 2014. Sähkön pientuotannon kilpailukyvyn ja kokonaistaloudellisten hyötyjen analyysi. Turku: Gaia Consulting Oy. [verkkodokumentti]. [viitattu 15.2.2018]. Saatavissa http://docplayer.fi/671154-Sahkon-pientuotannon-kilpailukyvyn-ja-kokonaistaloudellisten-hyotyjen-analyysi.html

Jarmo Saari Sympower Oy. 2017. Puhelinhaastattelu kysyntäjouston toteutuksessa omakotitalokohteessa.

Motiva. 2017. Kiinteistöjen latauspisteet kuntoon. Helsinki: Motiva Oy. [verkkodokumentti]. [viitattu 18.3.2018]. Saatavissa https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/sahkoautojen_latauspisteet

SFS 6000. 2017. Pienjännitesäköasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

Solar Factory, 2018. sonnenBatterie Hybrid 8.1. Espoo: Solar Factory Oy. [verkkodokumentti]. [viitattu 16.4.2018] Saatavissa http://solarfactory.fi/tuote/sonnenbatterie-hybrid-8-1/

TAMK. 2013. IT- ja TT-järjestelmät. TAMK- Tampere University of Applied Siences. [verkkodokumentti]. [viitattu 21.3.2018.] Saatavissa http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/it-ja-tt-jarjestelmat/
TAMK. 2013. TN-järjestelmät. TAMK- Tampere University of Applied Siences. [verkkodokumentti]. [viitattu 21.3.2018]. Saatavissa http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/

Tesla, 2018. Tesla Powerwall. Helsinki: Tesla, Inc. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.3.2018] Saatavissa https://www.tesla.com/fi_FI/powerwall

Trafi. 2018. Romutuspalkkio 2018. Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi). [verkkodokumentti]. [viitattu 18.2.2018] Saatavissa https://www.trafi.fi/tieliikenne/romutuspalkkio