



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

Hallgató neve: Géczy Ábel

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T007234/F112904/K

Modul csoport: Energetikai informatika



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Géczy Ábel

Szakdolgozat száma: SZD21090213458724

Törzskönyvi száma: T007234/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Villamosenergetikai specializáció

A dolgozat címe: Korszerű napelemes rendszerek vizsgálata

A dolgozat címe angolul: Residential PV hybrid solar system

A feladat részletezése: 1. Piaci viszonyok

2. Részegységek ismertetése

3. Saját rendszer méretezése és ismertetése

4. Kitekintés

Intézményi konzulens neve: Dr. Pálfi Judith

Külső konzulens neve: Szigethy Zsolt

Munkahelye:

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

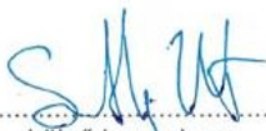
Kiadva: Budapest, 2021. 12. 15.

P.H

Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:


belső konzulens


külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021. 12. 15.

.....
hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS.....	6
1 NAPELEMES RENDSZEREK PIACI VISZONYAI	7
1.1 NAPELEMRENDSZEREK MAGYARORSZÁGON	7
1.2 PIACI VISZONYOK	8
2 A TERVEZÉSI FELADAT MEGHATÁROZÁSA.....	10
2.1 CSALÁDI HÁZ BEMUTATÁSA	10
2.2 VILLAMOSENERGIA FOGYASZTÁSI IGÉNYEK	10
2.3 HMKE – HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰ	12
2.4 SZIGETÜZEMŰ NAPELEMES RENDSZEREK	12
2.5 HMKE NAPELEMES RENDSZER RÉSZEI.....	13
2.6 NAPELEMEK.....	13
2.7 NAPELEM TÍPUSOK.....	15
2.8 VÁLASZTOTT PANELEK	16
2.9 INVERTER MŰKÖDÉSE ÉS KIVÁLASZTÁSA.....	18
2.10 HUAWEI INVERTEREK BEÉPÍTETT ÍVZÁRLAT MEGSZAKÍTÓ MEGOLDÁSA	20
2.11 A NAPELEMEK DEGRADÁCIÓJÁNAK PID HATÁS CSÖKKENTÉSE HUAWEI INVERTERREL	23
2.12 OPTIMALIZÁLÓ	26
2.13 AKKUMULÁTOR	27
2.14 LÍTIUM-ION ÉS LÍTIUM-VAS-FOSZFÁT AKKUMULÁTOROK.....	28
2.15 OKOSMÉRŐ	29
3 HMKE RENDSZER MÉRETEZÉSE ÉS TERVEZÉSE.....	31
3.1 PANEL MODULSZÁM MEGHATÁROZÁSA	31
3.2 DC KÁBEL MÉRETEZÉSE.....	33
3.3 AC KÁBEL MÉRETEZÉSE.....	34
3.4 NAPELEMEK FELSZERELÉSE OPTIMALIZÁLÓKKAL	35
3.5 MINIMUM ÉS MAXIMUM MODULSZÁM MEGHATÁROZÁSA	35
3.6 INVERTER TELEPÍTÉSE.....	37
3.7 OKOSMÉRŐ BEKÖTÉSE	39

3.8	AKKUMULÁTOR BEKÖTÉSE	40
3.9	RÉSZEGYSÉGEK CSATLAKOZÁSA AZ INVERTERHEZ	41
3.10	KIALAKÍTÁS.....	41
3.11	INVERTER BEÜZEMELÉSE FUSIONSOLAR ALKALMAZÁS HASZNÁLATÁVAL.....	43
3.12	ENERGY MANAGEMENT SYSTEM	45
4	RENDSZER MEGTÉRÜLÉSE.....	46
5	KITEKINTÉS	47
5.1	PV RENDSZEREK JÖVŐJE MAGYARORSZÁGON	47
5.2	AKKUMULÁTOROS RENDSZEREK JÖVŐJE.....	48
6	ÖSSZEFOGLALÁS.....	51
7	SUMMARY	52
8	IRODALOMJEGYZÉK	54
8.1	VIDEÓK:.....	55
8.2	KÉPEK.....	56

BEVEZETÉS

Napjainkban a növekvő klíma-válság hatására egyre nagyobb teret nyernek a megújuló tiszta energiatermelő megoldások. Az Európa szerte tapasztalható dekarbonizációs trendek várhatóan nem lassulnak a jövőben sem, egyre több lakossági fogyasztó dönt napelemes rendszerek telepítése mellett, részben a kialakult önfenntartó szemlélet, részben gazdaságossági tényezők miatt.

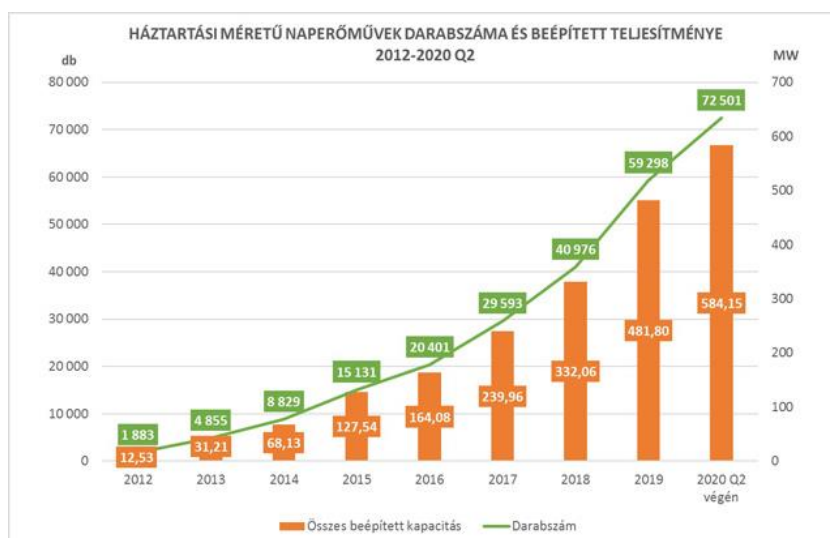
Szakdolgozatom célja egy energiátárolóval kiegészített, hálózatra csatlakoztatott lakossági napelemrendszer tervezésének és működésének bemutatása

A témám alapjául szolgáló családi ház kiépített villamos hálózattal rendelkezik, a lakossági PV rendszert erre a már meglévő hálózatra méretezem. Az inverter valamint a panelek kiválasztása után elvégzem a rendszer méretezéséhez szükséges számításokat, kiválasztom a megfelelő keresztmetszetű AC, valamint DC kábeleket. Az egyvonalas villamos terv megrajzolása után bemutatom a napelemes rendszer egyes védelmi berendezéseit. A rendszert a jobb hatásfok elérése érdekében optimalizálással látom el, melynek kiválasztása is részét képezi a munkámnak.

1 NAPELEMES RENDSZEREK PIACI VISZONYAI

1.1 Napelemrendszerek Magyarországon

Az elmúlt években nagymértékű növekedés jellemezte a hazai napelemes piacot. Újonnan létesített háztartási méretű naperőművek évről évre növekedést mutatnak mind darabszám, mind beépített teljesítmény tekintetében. A növekedés ütemét a koronavírus válság sem lassította, ennek oka a napelemes rendszereket érintő állami támogatások bővülése, valamint a napelemes rendszerek költségmegtérülésének növekedése.



1.kép – HKME beépített teljesítmény és darabszám évente

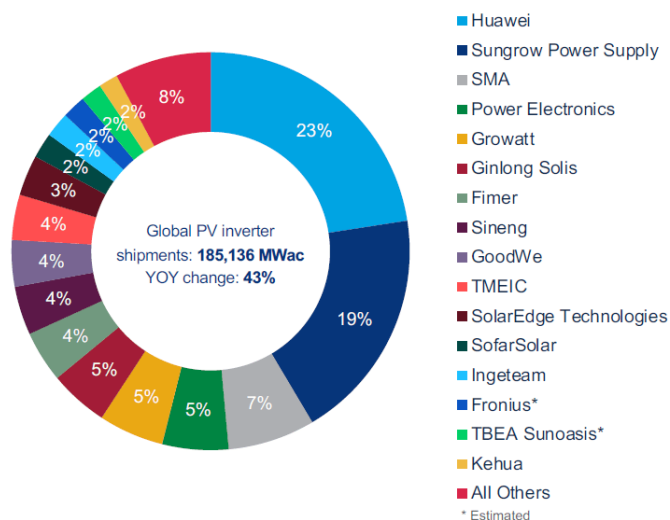
Napelemes rendszer megtervezésének szempontjából a Magyar Mérnöki Kamara: Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez című kiadványának lépéseit veszem figyelembe. A cég termékeit bemutató műszaki leírásokat és anyagokat a külső konzulensem biztosította a számomra.

1.2 Piaci viszonyok

Feladatom megvalósításához az alább ismertetett okok miatt a Huawei Technologies termékeit alkalmazom.

A Huawei Technologies a világ egyik vezető és legdinamikusabban fejlődő információs és kommunikációs technológiai vállalata, melyet Zsen Cseng-fej alapított 1987-ben. A kínai cégnek jelenleg 197000 alkalmazottja van, és több mint 170 országban és régióban tevékenykedik, világszerte nagyjából 3 milliárd felhasználót szolgálva ki. A cég árbevétele 2019-ben 122 milliárd USD volt, mely 18%-os növekedést jelent az előző évhez képest. Kutatás-fejlesztésre a bevételek több mint 10%-át (15 milliárd USD) fordította a cég, mellyel a Huawei az Európai bizottság adatai szerint az ötödik legtöbbet K+F-be fektető cég. A Huawei főként átviteli hálózatok, szerverek, háttértárolók és egyéb hálózati termékek kutatásával és fejlesztésével foglalkozik. A napjainkban sokat emlegetett újgenerációs 5G mobilhálózat élenjáró kutatója és kidolgozója. A hétköznapi felhasználók által leginkább használt termékek (mint pl. okos telefonok, routerek) mellett a cég mára a világ egyik piacvezető PV inverter gyártójának is tekinthető [1].

Global PV inverter market share rankings by shipment, 2020



2. kép – Inverter gyártók globális piaci részesedése

Becslések szerint 2020-ban a Huawei globális piaci részesedése az adott területen 23% volt, mellyel a szállítmányok számát tekintve a vállalat piacvezetőnek mondhatja magát. A Huawei ezzel olyan gyártókat tudhat maga mögött, mint Sungrow Power Supply, TMEIC, valamint az SMA. Ha a képet egy picit árnyalni szeretnénk, akkor érdemes elmondani, hogy az egyfázisú string inverterek gyártásának területén a Huawei nem kifejezetten tekinthető globális tényezőnek, a háromfázisú string inverterek esetében viszont 50%-ot meghaladó piaci részesedése van, mellyel az adott területen a cég abszolút piacvezetőnek mondhatja magát. A Huawei lakosságitól kezdve a kereskedelmi és ipari felhasználásokon keresztül akár erőművi berendezéseket is képes szállítani. Lakossági berendezések egyfázison 2-5 kW, háromfázison 2-10 kW között érhetőek el. Kereskedelmi és ipari berendezések háromfázison: 12-20 kW, 33-36 kW, 50/60 kW, 100 kW. Erőművi berendezések: 100 kW, 185 kW [2].

2 A TERVEZÉSI FELADAT MEGHATÁROZÁSA

2.1 Családi ház bemutatása

A Testvérhegyen található kétszintes családi ház 1986 és 89 között épült egy négy fős család részére, az akkori igényeknek megfelelően 1 fázis 16 A betáplálással. A földelés közvetlenül a ház tövében volt található. A család bővülése és a megnövekedett fogyasztási igények miatt szükség volt a ház teljes átalakítására, valamint az épület teljes villamoshálózatának cseréjére. A régi kialakítás már nem felelt meg 2020-as szabványoknak, melyek megkövetelték a kerítés mellett elhelyezendő független mérőhely kialakítását. Szabályoknak megfelelően az új szabványosított szekrény a telekhatártól 1 méterre került elhelyezésre. A ház tulajdonosa 3 fázis bevezetése mellett döntött, ezért a bekötő vezetékek, valamint az 1 fázisú légkabel cseréje is szükségessé vált. A betonszloptól a mérőpontig az ELMŰ mindenképp földkábellel akart bekötni, így indokolt volt a mérőponttól a lakásig ugyancsak földkabel használata (5 eres kábel 6 mm²). A 3x20 A-es, 20 m-es vezeték az elhelyezett elosztószekrényig a mérőhelytől megszakítás nélkül lett lefektetve. Az elosztott vezetékek cseréjére is sor került, az épületen belül korábban használt alumínium vezetékeket réz vezetékekre cserélték. Az alumínium vezeték hátránya a rézvezetékhez képest, hogy meglehetősen merev, kevésbé terhelhető, hajlítgatás következtében sokkal könnyebben sérül.

2.2 Villamosenergia fogyasztási igények

A napelemes rendszer megfelelő működése és gazdaságossága szempontjából meg kell határoznunk, hogy egy adott évben mennyi villamosenergiát használunk fel. A villamosenergia fogyasztásunk leolvasható a villanyszámláról, azonban fontos

figyelembe venni, hogy a napelemes rendszer leginkább a nyári hónapokban képes ellensúlyozni fogyasztási igényeinket. Ha pontosabb képet szeretnénk kapni a fogyasztásunkról, akkor érdemes otthoni méréseket is végezni. Pillanatnyi energiafogyasztás mérése irányadó lehet, hogy egy adott időintervallumon belül ténylegesen mennyi energiát fogyaszt a háztartás. A pillanatnyi energiafogyasztás mérése Voltcraft Plus Energy Monitor 3000 készülék segítségével készült. Pillanatnyi villamos energia fogyasztás összesen: 2580 W. A mérés egy augusztusi hétköznap este fél 10 körül készült, a mérés ideje alatt összesen 5 fő tartózkodott a családi házban. A házban található fogyasztók beépített villamos teljesítménye az alábbi táblázatban látható.

Fogyasztó	Teljesítmény [kW]	Működés/ hónap	Fogyasztás/ hónap	cosφ
Televízió	0,3	30	12 kWh	0,98
Számítógépek	0,7	70	49 kWh	0,98
Hűtő	0,1	720	72 kWh	0,8
Mosogatógép	2,4	20	48 kWh	1
Mikó	0,8	7,5	6 kWh	0,8
Sütő	2,4	15	36 kWh	0,8
Főzőlap	4	12	48 kWh	0,8
Mosógép	3,2	10	32 kWh	0,8
Világítás	0,4	90	36 kWh	1
Egyéb	0,1	120	12 kWh	1
Összesen	14,4	-	351 kWh	-

Az E.ON ELMŰ-nek átalánydíjat fizetünk, 355 kWh-ban állapították meg a ház átlagos villamosenergia fogyasztását. MSZ 447:2019 szabvány értelmében a beépített teljesítmények egyidejűségi tényezőjét 0,72 értéken határoztam meg [3]. A 355 kWh havi fogyasztás mellett a családi ház éves teljes villamosenergia fogyasztása körülbelül 4300 kWh-ban határozható meg. Az egyes fogyasztók beépített teljesítményét az fenti táblázat taglalja.

2.3 HMKE – Háztartási méretű kiserőmű

„Jogsabályi megfogalmazás alapján HMKE-nek minősül az a villamosenergia-termelő berendezés, amely:

- közcélú kiefeszűtsűgű hálózathoz, illetve kiefeszűtsűgű magán- vagy összekötő vezeték hálózatra csatlakozik,
- Erőművi névleges teljesítőképessűge nem haladja meg a felhasználó rendelkezésre álló teljesítműnyének mértékét,
- Maximum 50 kVA erőművi névleges teljesítőképessűgű.” [4]

A HMKE célja, hogy egy háztartás a villamosenergia-fogyasztását helyben állítsa elő. Napierőmű, szélerőmű vagy bármely más technológiával működő kiserőmű is tartozhat ebbe a kategóriába. HMKE csatlakozása az elosztói hálózatokhoz engedélyköteles, és műszaki feltételekhez kötött. Amennyiben a rendszer szigetüzemben működik, csak bejelentés szükséges az elosztói engedélyeseknek.

2.4 Szigetüzemű napelemes rendszerek

Az általam tervezett napelemes rendszer energiatárolós, de közcélú hálózatra is csatlakozik. Mielőtt a rendszer egyes részeit ismertetem, fontosnak tartottam a teljesen szigetüzemű rendszerek tulajdonságait is bemutatni. Szigetüzemű

napelemes rendszert akkor érdemes telepíteni, ha a fogyasztó háztartása földrajzi elhelyezkedés miatt nem vagy csak magas költségek mellett képes a közcélú hálózatra való csatlakozásra. A szigetüzemű rendszerek a fentebb említett okok miatt jellemzően távoli falvakban, mezőgazdasági területeken, és más, elzárt helyeken kerülnek telepítésre.

2.5 HMKE napelemes rendszer részei

A napelemes rendszerek főbb részei az alábbiak:

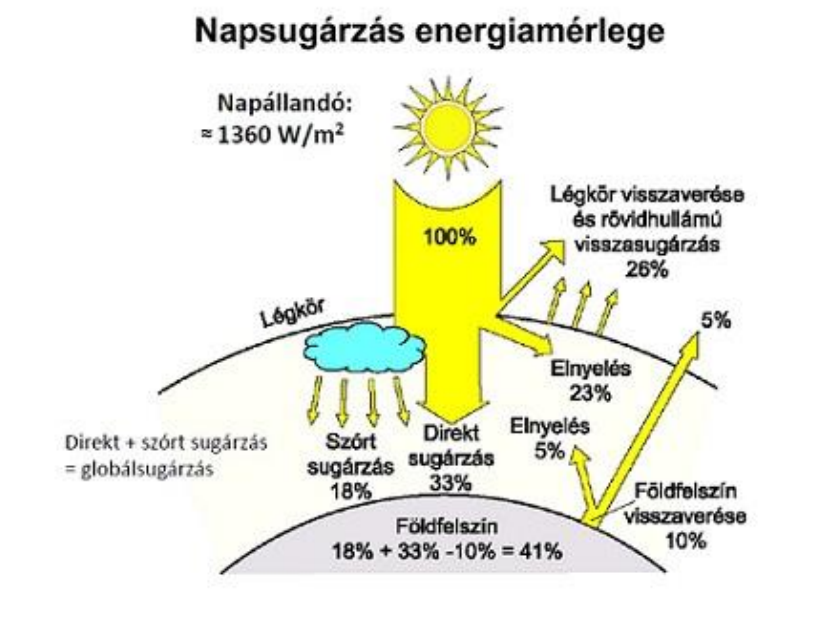
- Napelemek
- Inverter
- Vezetékek
- Elosztószekrények, védelmek
- Optimalizálók (opcionális)
- Akkumulátor (opcionális)
- Teljesítmény érzékelő (opcionális)

2.6 Napelemek

„A napelem vagy fotovillamos elem, amit az ideigenes photovoltaikus kifejezésből a magyar irodalom olykor PV elemnek is nevez, olyan szilárdtest eszköz, amely az elektromágneses sugárzást (fotonbefogást) közvetlenül villamos energiává alakítja.”
[5]

A modern napelemek túlnyomó többsége szilíciumból készül, melyeket kémiaiilag úgy módosítanak, hogy azok hatékonyabban tudják elnyelni az elektromosságot. A cellák két félvezető szilícium rétegből állnak. A felső n-típusú réteget általában foszforral szennyezik kis mértékben, kristályrácsaiban több szabad elektron van, mint egy tiszta szilíciumrétegben, az elektrontöbblet miatt lesz a félvezető negatív.

Az alsó p-típusú réteg bórral adalékolt, kevesebb szabad elektront tartalmaz, és ezért pozitív töltésű lyukak vannak benne. Az elektronhiány miatt lesz a félvezető pozitív. A két réteg összeillesztésével jön létre a p-n átmenet, a töltéshordozók koncentrációkülönbsége miatt megindul a töltések diffúziója. Szabad elektronok áramlanak egyik részről a másikra, hogy kitöltsék a lyukakat, ez pozitív töltést eredményez az n-régióban, és negatív töltést a p régióban. Ennek következtében alakul ki középen az úgynevezett kiürített réteg, mely semlegessé válik. Amikor megfelelő hullámhosszú napsugárzás éri a cellákat a félvezető anyagban található elektronokat fotonok ütik ki, így hozva létre feszültséget a cella kivezetésein. Az egyes cellák csak korlátozott mennyiségű feszültséget vagy áramot képesek létrehozni, ezért a cellákat modulokba kötjük, melyek együtt alkotnak egy teljes panelt.



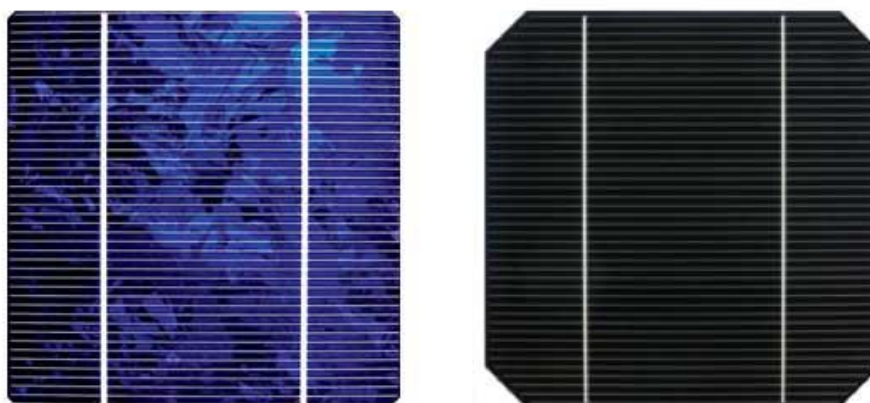
3.kép – Napsugárzás energiamérlege

A PV napelemek elektromos kimeneti teljesítményét általában szabványos vizsgálati körülmények között (STC) mérik, ez lehetővé teszi a különböző napelem panelek objektív összehasonlítását és teljesítményértékelését. STC tesztkörülmények: 25°C -os cella hőmérséklet, 1000 W/m^2 besugárzás. [6]

2.7 Napelem típusok

A Napelemek fejlesztése és gyártása 1954-ben kezdődött meg az Egyesült Államokban, főként a haditengerészet alkalmazta először speciális műholdaknál a napelem technológiát, ezután 1960 és 1970 között indult meg számottevő fejlődés és innováció a piacon. Alapvetően két féle napelem technológiát használnak ma HKME létesítése céljából, polikristályos és monokristályos napelemeket [7].

A polikristályos napelemek magyarországi piacon már kevésbé fordulnak elő, de néhány évvel ezelőtt még ez volt az uralkodó napelem technológia. A gyártástechnológiai folyamat miatt ez egy olcsóbb napelem típusnak számít. A polikristályos napelemek előnye a monokristályos panelekkel szemben, hogy szórt fényben hatékonyabban tudnak termelni, hátrányuk viszont, hogy a nyári meleget nem bírják, hidegebb éghajlaton célszerű használni őket. A polikristályos napelemek 12-15%-os hatásfokkal rendelkeznek, élettartamuk körülbelül 30 év.



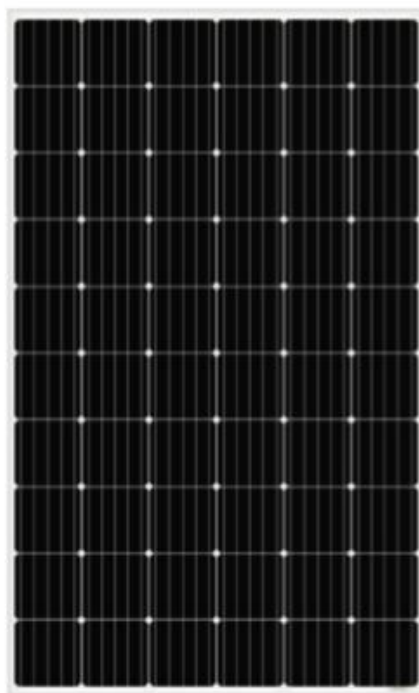
4.kép – Polikristályos és monokristályos cellák

A monokristályos napelemek nem annyira érzékenyek a hőmérsékletváltozásra, tehát melegebb égövi körülmények között is hatékonyan tudnak termelni. Hatásfokuk meglehetősen magas 15-19%, élettartamuk a monokristályoséval azonos. Általánosságban elmondható, hogy a monokristályos panelek nagyobb kimeneti teljesítményre képesek, mint a polikristályos panelek, amennyiben

kevesebb tetőfelület áll rendelkezésünkre, ajánlott a monokristályos panelek alkalmazása.

2.8 Választott panelek

A napelem panelek kiválasztása során a monokristályos Amerisolar AS-6M30-320 panelre esett a választásom. A választott napelem maximális teljesítménye 320 Wp. A magasabb munkaponti teljesítmény miatt választottam monokristályos paneleket, így kevesebb modul telepítése szükséges. A gyűjtősín cellás technológiának köszönhetően meglehetősen magas hatásfokon képesek a cellák működni. Az erős alumínium keret biztosítja, hogy a modulok ellenálljanak a szélterhelésnek 3600 Pa-ig, és a hóterhelésnek 5400 Pa-ig. A panel magas fokú megbízhatóságot nyújt az olyan szélsőséges környezeti-időjárási viszonyokkal szemben, mint pl. jégeső, köd.



5.kép - Amerisolar AS-6M30-320 napelem

Műszaki adatok	
Maximális P _{max} teljesítmény	320 W _p
η hatásfok	19%
Névleges U _{mp} munkaponti feszültség	33,2 V
Névleges I _{mp} munkaponti áram	9,64 A
Üresjárási U _{oc} feszültség	40,4 V
Rövidzárási I _{sc} áram	10,06 A
Maximális U _{max} feszültség	1000 V
P _{max} hőmérsékleti tényező	-0.38%/°C
V _{oc} hőmérsékleti tényező	-0.29%/°C – (117,2 mV)
I _{sc} hőmérsékleti tényező	0.052%/°C

5. ábra – Napelem műszaki adatai

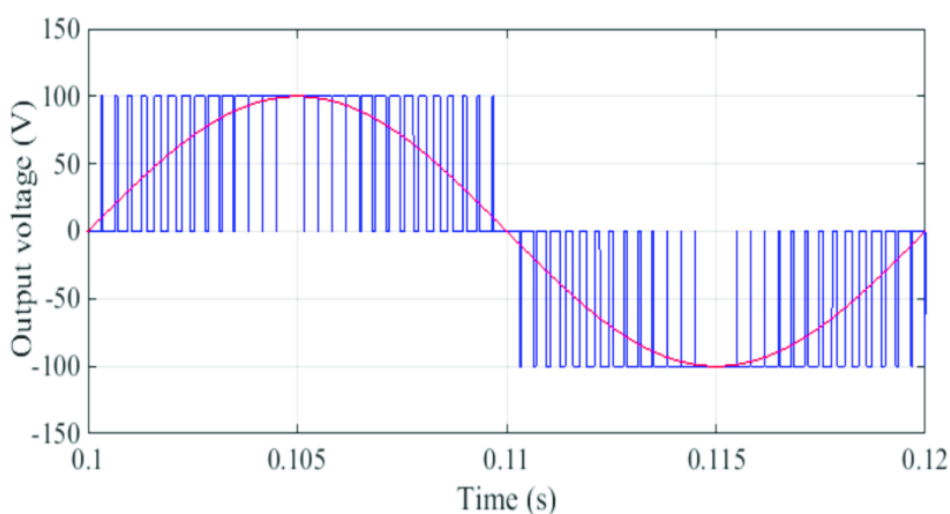
Méretek	
Hosszúság	1640 mm
Szélesség	992 mm
Mélység	40 mm
Súly	18 kg

6. ábra – Napelem méretei

A gyártó alapvetően 12 év termékgaranciát vállal a napelemekre, ezen felül érvényes még egy teljesítménylineáris garancia is. A gyártó szerint a panelek 12 év után a névleges teljesítményük 91,2%-ra, 30 év után pedig a névleges teljesítményük 80,6%-ra kell hogy képesek legyenek. A panel teljes adatlapja az 1. mellékletben található.

2.9 Inverter működése és kiválasztása

„Az inverter a napelemes rendszerek egyik legfontosabb berendezése. Az eszköz célja, hogy a napelem által megtermelt DC egyenáramot AC váltakozó áramú villamos energiává alakítsa. Az egyenáram fő tulajdonsága, hogy egy áramkörben csak egyetlen irányba folyhat állandó feszültségen. Ezzel szemben a váltakozó áram mindkét irányba folyhat, ahogy a feszültség pozitívról negatívra változik. Alapvetően az inverter úgy képes végrehajtani az DC-AC átalakítást, hogy a bemeneti DC áram irányát gyorsan változtatja oda-vissza, ennek következményeként a DC bemeneti áram AC váltakozó áramú kimenetté válik. A létrejött váltakozó áram, melynek feszültsége időben változik egy szinusz hullámként írható le. Ez olyan teljesítményminta, amelyet a hálózat anélkül képes felhasználni, hogy károsítaná az elektromos berendezéseket, melyek egy bizonyos frekvencián és feszültségen működnek.” [8]



6.kép – Inverter jelalak

Nem csak az otthoni fogyasztás, hanem a közcélú hálózatra való visszatáplálás szempontjából is elengedhetetlen, hogy a megtermelt energia megfelelő frekvenciájú és nagyságú és fázishelyű legyen. A korszerű inverterek további funkciókkal is rendelkeznek. Figyelik, szabályozzák és optimalizálják az áramtermelést, biztosítják a rendszer biztonságos működését, valamint a termelési adatok gyűjtését és továbbítását is elvégzik. Alapvetően két fő csoportra oszthatjuk őket.

Megkülönböztetünk transzformátoros, illetve transzformátor nélküli kivitelt. Napjainkban lakossági használatra a transzformátor nélküliek az elterjedtek, mivel ezek könnyebbek, könnyebben szerelhetők és jobb hatásfokkal is rendelkeznek.

Inverter kiválasztásának fő szempontjai:

- DC oldal min. és max. feszültséghatára
- DC oldal bemenetek áram terhelhetősége
- DC oldal munkaponti feszültség-tartománya
- Inverter teljesítménye. [9]



7.kép- Huawei SUN2000-4KTL-M1 inverter

Műszaki adatok	
Maximális PV teljesítmény	6000Wp
Maximális bemeneti teljesítmény	1100 V
Indítási feszültség	200 V
Névleges bemeneti feszültség	600 V
MPPT feszültségtartomány	140-980 V
Maximális MPPT bemeneti áram	11 A
Maximális rövidzárási áram	15 A

8. ábra – Huawei inverter műszaki adatai

Az általam választott Huawei SUN2000-4KTL-M1 típusú háromfázisú inverter bemeneti teljesítménye 6000W. 140-190 V-os feszültségtartományban képes optimálisan működni. Hatásfoka meglehetősen magas, 98,3%. A Huawei 10 kW-ig bezárólag csak hibrid invertereket gyárt, ami azt jelenti, hogy ez a típus készen áll akkumulátorok fogadására és kezelésére. Ez előnyös mivel, ha még a tervezés idejében nem vagyunk biztosak benne, hogy szeretnénk akkumulátorok telepíteni, később erre lehetőségünk adódik. Az inverter IP65-ös védettséggel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy a berendezés teljesen védett szilárd anyagok, por, és egyéb szennyeződésekkel szemben, kisebb vízsugarat is elbír a berendezést. A panel teljes adatlapja a 2. Mellékletben található.

2.10 Huawei inverterek beépített ívzárlat megszakító megoldása

- Ívzárlat kialakulása és hatásai

Az ívzárlat nagy teljesítményű elektromos kisülés két vagy több vezető között. Ez a kisülés hővé válik, amely lebonthatja a vezetékek szigetelését, és esetlegesen elektromos tüzet is okozhat. Az elektromos ív mindennapos, de általában nem észrevehető. Ív létrejöttét eredményezheti egy tárgy által okozott sérülés a kábelben, anyagfáradás a kábelszigeteléseknél, esetleg a kábelek nem megfelelő bekötése. Otthoni ívzárlat kevésbé veszélyes, mivel váltakozó feszültséget használunk. A szinusz jel nulla átmeneténél nem folyik áram, tehát az ívzárlat magától oldódhat. PV napelemes rendszerek DC egyenárammal üzemelnek, ellentétben az AC rendszerekkel itt nincs nulla átmenet, zárlat esetén az áthaladó áram folyamatos, megszakításához külső készülékre van szükség. DC ívzárlat előfordulhat gyenge minőségű csatlakozódobozoknál, esetleg nem megbízható vagy nem rendeltetésszerűen összeillesztett csatlakozásoknál.

- Ívzárlat típusai

Ív létrejötte PV rendszerekben jelentős kockázatot hordoz magában. Az ív hatására hő fejlődik, mely akár a 3000°C fokot is elérheti, ezáltal tűzveszély alakulhat ki. Ezen kívül maga az ív megjelenése nem csak tűzveszélyes, hanem áramütést is okozhat a telepítőknél vagy tűzoltóknál. Alapvetően három féle ívzárlatot különböztetünk meg. Soros ívzárlat, földzárlat és párhuzamos ívzárlat. Soros ívzárlat rossz csatlakozásoknál jellemző és akkor keletkezik, ha a terhelés alatt álló vezető megszakad. Földzárlat egy vezető és a föld érintkezése között jöhet létre. Erre tekintettel az inverterek tartalmaznak egy szigetelésvizsgálót, mely az inverter bekapcsolása előtt megvizsgálja a szigetelést a DC oldal és a föld között. Folyamatos üzem során a földzárlat védelmet áram-védőkapcsolóval oldjuk meg. Párhuzamos ívzárlat akkor keletkezik, ha a kábel szigetelőképesége letörik, és áram kezd folyni a pozitív és negatív pólus között. Ez a speciális eset akkor jöhet létre, mikor két különböző polaritású kábel ugyanazon helyen sérül meg.

- Megoldások ívzárlatra

Amennyiben olyan invertert használunk, ami nem rendelkezik beépített ívzárlat megszakítóval, úgy egy különálló eszközt kell telepíteni egy DC oldali elosztódobozba. Ez növeli a beruházási és karbantartási költségeket, továbbá problémát jelenthet a rendszer integrálhatósága szempontjából. Ha történik valami nem kap arról információt az üzemeltető, hogy pontosan hol és mi a probléma. Az inverterbe beépített eszköz frekvencia spektrum analízis segítségével képes az ívet érzékelni. Az ív megjelenése magas frekvenciás zajt generál, ami a 10 kHz és 100 kHz tartományba esik. Az érzékelés maga ívzárlati áram mérésével a DC áramon belül, és annak frekvencia tartománybéli vizsgálatával történik. Az inverter beépített rendszere úgynevezett gyors fourier transzformáció segítségével folyamatosan vizsgálja a jelalakot, és amennyiben nincsen hiba, stabil jelalakot kapunk. Ha ív jelenik meg a DC oldalon, úgy a 10-100 kHz közötti tartományban a jel erőssége, amplitúdója megnövekszik.

Az ívzárlat érzékelését több tényező is megnehezíti. A hosszú DC kábelek jelcsillapító hatásúak, így a vizsgált jelalakban a hiba nehezebben nyerhető ki. A panel szórt kapacitása a DC vezetékek és a földhöz képest külön szűrőáramkört képeznek, ami egy magas frekvenciás tartományban elkezd szűrni a jelünket. Az ívzárlati jel csökkenésén túl problémát jelent a hibás érzékelés is. Hosszú string, valamint felcsavart kábelek olyan antennát képezhetnek, amely a rádiófrekvenciás zajokat is képes befogni, főleg a 100 kHz-500 MHz közötti tartományban. Az optimalizálók teljes elektronikával ellátott berendezések, a bennük lévő félvezetők kapcsolási frekvenciája is zavarhatja az érzékelést. Közelben lévő EMC berendezésektől is érkehetnek zavaró jelek, de külső interferencián túl nehézséget jelent még az inverter belső interferenciája is. Bizonyos esetekben a zaj, amit az inverter generál nagyobb lehet, mint az ívzárlat amplitúdója, ez jelentős nehézségnek tekinthető. Tulajdonosok számára a rendszer gyakori leállása hibás érzékelés miatt csökkent termelést eredményezhet, továbbá a hibás védelmi eszköz nem nyújt megfelelő biztonságot. A hibás érzékelés a telepítők számára is jelenthet problémát, mivel a téves riasztások kivizsgálása erőforrás igényes.

Huawei AI Boost működése

Az AI Boost lényege, hogy laboratóriumi körülmények között különböző ívzárlati tesztek végeznek, melyekből adatokat nyernek ki. Ez egy olyan big data alapú rendszer, mely az eredmények kiértékelése után feltölti az új karakterisztikákat az inverterekbe. Ezek az új adatok firmware frissítés után kerülnek a rendszerbe. Az inverterek rendelkeznek egy beépített AI neurális hálózattal kiértékelő szoftverrel, mely 10ms alatt képes érzékelni a tesztek során reprodukált ívzárlati karakterisztikákat. Az AI Boost folyamatos öntanuláson alapszik, tehát egy folytatólagosan fejlődő ívzárlat érzékelő megoldásról beszélünk [10].

2.11 A napelemek degradációjának PID hatás csökkentése Huawei inverterrel

A PV modulok cellái egy meglévő napelemes rendszerben nem földeltek, habár biztonsági okokból az alumínium keretet direkt földelik. Egy PV string moduljainak a fele a pozitív pólushoz van csatlakoztatva, ezek a földhöz képest pozitív potenciálúak, viszont a megmaradt modulok a stringen, amik a negatív pólushoz vannak csatlakoztatva, negatív potenciálúak a földpotenciál felé. A föld felé a potenciál növekszik, minél több modult adunk a DC oldalhoz.

Azok a panelek, melyek negatív potenciálúak a föld felé, szintén negatív potenciálúak lesznek a földelt, rögzített szerkezeten is. Emiatt a potenciálkülönbség miatt anionok (általában Na^+ ion) folynak az üveg lemeze felől a cella félvezető anyagán keresztül, és beszennyeznek a cellát. Ezek az áramlások az alumínium keret felé haladnak, és a nagyobb potenciálkülönbség (200-500V) miatt, Na^+ ion áramlást eredményeznek. Ezeknek a Na^+ ionoknak erős negatív hatásuk van a cellák teljesítményére, polarizálnak. Ennek következményeképp a cellák inaktívvá válhatnak, és kevesebb energiát termelhetnek. PID hatás kialakulásának valószínűségét növeli a hőmérséklet, valamint páratartalom emelkedése. A degradáció foka szintén változhat az üveglemez szennyeződésének mértékével, amelyet olyan szennyeződések vagy anyagok okozhatják, melyek villamosan vezető, savasak, bázisosak vagy ionosak.

A PID hatás a napelemek üresjárási feszültség (V_{oc}) és rövidzárlati áram (I_{sc}) értékeit alig befolyásolja, viszont a maximum munkapontokat (MPP) akár 30%-al is tudja csökkenteni

Egy különálló PV modulban a PID hatás erősebb azokban a cellákban, melyek közelebb vannak az alumínium kerethez, és gyengébb azokban a cellákban, amik a panel közepén vannak. Egy stringen belül lévő napelemeken a PID hatás erősebb azokon a panelokon, amik közelebb vannak a string negatív pólusához. Minél magasabb a negatív potenciál a föld felé, annál erősebben jelentkezik PID hatás.

A napelemek akkor nyilváníthatók PID mentesnek, ha megfelelnek az IEC 62804 szabvány követelményeinek. A tesztelést a következő feltételek mellett végzik:

- Modul szintű rendszer feszültség és polaritás
- Kamra levegőhőmérséklete $60\text{ C} \pm 2\text{ C}$
- Kamra relatív páratartalma $85\% \pm 5\%$
- A tesztet 96 órán át, az említett hőmérséklet és relatív páratartalom alatt megadott feszültségen végzik.

IEC 62804 szabvány alapján a napelemek akkor tekinthetők PID mentesnek vagy pontosabban PID ellenállónak, ha a keletkezett veszteségük kevesebb mint 5%, tehát degradációtól teljesen mentes napelemek nem léteznek.

Az egyik iparban használt megoldás PID hatás elfojtására a direkt földelés. Napelemes üzemeket szigetelt transzformátorral használva megelőzhető a PID hatás, ha a PV modulok negatív pólusát közvetlenül földeljük, ezáltal az egész PV rendszer potenciálja pozitív lesz, elfojtva ezáltal a PID hatást a modulokban. Ennek a megoldásnak előnye, hogy olcsó, valamint viszonylag hatékony megoldás a hatás elkerülésére. Hátránya, hogy a napelemes rendszereket közvetlenül földelni nem kockázatmentes, az áramütés veszélye magas, ha a biztosíték, vagy ellenállás nem működik, vagy ha esetleg földzárlat alakul ki. További hátránya még, hogy az invertert is megrongálhatja, ezért ritkán is használják.

Másik megoldás PID hatás elfojtására egy úgynevezett külső PV kiegyenlítő doboz alkalmazása az éjszakai helyreállításhoz. Ezt a megoldást olyan helyeken alkalmazzák, ahol transzformátor nélküli inverter van. Ha a DC feszültség este, vagy naplementekor egy előre meghatározott értékhatár alá esik, akkor a PV kiegyenlítő doboz +400 és +1000V közé emeli a feszültséget, megfordítva így az üzemelés alatt fellépett polarizációs hatást. Ennek a megoldásnak előnye, hogy a külső kiegyenlítő doboz könnyedén telepíthető régebbi erőművekhez, valamint a legtöbb inverter gyártó modelljével kompatibilis. Hátránya, hogy ez egy viszonylag költséges megoldás. Több inverterhez több kiegyenlítő doboz szükséges, valamint az éjszakai

működéshez AC betáplálás, a kiegyenlítő doboz pozitív és negatív pólusai közé pedig további kábelezés szükséges.



8.kép – Huawei Anti-PID modul

A Huawei inverterek első megoldása a PID hatás elfojtására az úgynevezett „virtuális földelés” Anti-PID Modul segítségével. Működése során az inverter DC oldali nulla pontja és a string nulla pontja megegyezik az AC oldal virtuális nulla pontjával. Ha a virtuális nulla pont és a földelés közti feszültségkülönbség növekszik, akkor ezzel arányosan nő a string és föld közötti feszültség is. A Huawei Anti-PID modulja a hálózat virtuális középpontjának eltolásával képes szabályozni a feszültséget. Megemeli a PV stringek potenciálját, nulla fölé emeli a földelést, ezzel akadályozva meg a PID hatást. A modul előnye, hogy tartalmaz ÁVK védelmet, valamint több inverterrel is használható, összesen 10 MW DC teljesítményig, így csökkenti a CAPEX értéket. Hátránya, hogy csak IT rendszerekben használható, azaz közvetlenül nem földelt rendszerekben.

A Huawei második megoldása a beépített PID helyreállító modul. A transzformálatlan inverterek beépített PID helyreállító modult tartalmaznak, melyek egy kiegyenlítő DC feszültséget adnak a PV és a föld közé este, amikor az inverterek nem termelnek energiát a hálózatra. Ez növeli a feszültséget a PV stringeken, a földelés értékét figyelembe véve. Ezzel a villamos energiák vegyülése a PV modulokon megszűnnek, megfordítva az üzemelés alatt fellépő polarizációs hatást. Előnye, hogy könnyen telepíthető. [11].

2.12 Optimalizáló

„Stringen belül a modulok egymással sorba vannak kötve, tehát az egyes napelem panelek nem függetlenek egymástól. Ha az egyik panelen árnyékhataás lép fel, az egész rendszer teljesítménye lecsökken, mivel ilyenkor a legkisebb teljesítményű panel teljesítménye határozza meg az átfolyó áramot. Optimalizált rendszerek esetében a panelek közötti teljesítménykülönbségeket, illetve árnyékhataásokat panelenkénti kezeléssel tudjuk kiküszöbölni.” [12]



9.kép - Huawei SUN2000-450W-P optimalizáló

A kiválasztott inverter adatlapja szerint a Huawei SUN2000-450W-P típusú optimalizáló készülék kompatibilis a rendszerrel. A teljesítményoptimalizáló egy DC/DC átalakító, ami közvetlenül a napelemhez csatlakozik, ezáltal képes a napelem munkapontját megtalálni, illetve a napelemet közvetlenül feszültségmentesíteni. Az optimalizáló továbbá képes hőmérséklet, feszültség és áram adatok monitorozására. Az optimalizálónak összesen négy kábele van, kettő érkezik napelem felől, egy az inverterhez csatlakozik, és egy az inverter felől érkezik. Az optimalizálók sorba vannak kötve. A feszültségmentesítést panel szinten képes az eszköz végrehajtani, tehát ha az inverter meghibásodik, vagy megszakad a DC string, feszültségmentessé válik minden egyes napelem, ezáltal az áramütés veszélye is csökken. A napelemeket valós időben és valós elrendezés szerint tudjuk monitorozni. Ez a tervezést is

egyszerűsíti, tehát ha egy komplex tetőszerkezettel rendelkező rendszerről beszélünk, ahol váltakozó a dőlésszög, abban az esetben is megoldható a tervezés, továbbá a különböző tárgyak árnyékhatása is minimalizálható. Lehetőségünk van továbbá nagy mértékben megnövelni a DC/AC arányt, ezáltal csökkenthetünk a költségeken, kevesebb kábelre, eszközre lesz szükségünk a hosszú string segítségével. Az optimalizálónak két működési módja van. Bypass üzemmód esetén a napelemből érkező, tehát az optimalizáló bemeneti feszültsége a kimeneti feszültséggel azonos, ezt nevezhetjük a napelem ideális üzemállapotának. Ha a kimeneti feszültség alacsonyabb lesz, mint a bemeneti feszültség, akkor az eszköz Buck üzemmódban működik, ilyenkor valamilyen zavaróhatás érte a rendszerünket.

Az inverter a string maximális munkapontját keresi. Optimalizáló nélkül, ha egy panel beszenyeződik vagy rajta árnyékhatás lép fel, úgy annak a panelnek a teljesítménye fogja meghatározni az egész stringet. Optimalizált rendszerben a napelemek optimális munkaponton üzemelnek. A panelek nem lesznek egymásra hatással, tehát nem csökken minden egye napelem teljesítménye. Ezt az eszköz úgy éri el, hogy az adott panelen eső feszültséget lekonvertálja, ezáltal a napelemen átfolyó áram értéke megnövekszik, így visszaáll a rendszer eredeti munkapontja.

2.13 Akkumulátor

Az akkumulátor egy olyan energiatároló eszköz, amely elektrokémiai reakcióval közvetlenül elektromos energiává alakítja át az aktív anyagokban lévő kémiai energiát. A PV rendszerekben használt akkumulátoroknak újra tölthetőnek kell lenniük. Az egyik legrégebbi típusú akkumulátor, melyet PV rendszerekben használnak az ólom-savas akkumulátor. Előnye ennek a típusnak, hogy elég olcsó és jól ismertek a teljesítményjellemzői. A felhasználható kapacitása körülbelül 50%, ami nem túl magas érték manapság. Hátránya, hogy nem megfelelő használat mellett gyorsan csökken az élettartama valamint, hogy túl magas áramerősség esetén hidrogén durranógáz szabadulhat fel, ami akár robbanás veszélyes is lehet.



10.kép - Huawei Smart String ESS 5kWh akkumulátor

Az általam választott akkumulátor a lítium-vas-foszfát alapú Huawei Smart String ESS 5kWh-os energiatároló. Az akkumulátor IP66-os védettséggel rendelkezik, vízzel, homokkal szemben is védett, ezáltal kültéren is telepíthető.

2.14 Lítium-ion és lítium-vas-foszfát akkumulátorok

A lítium alapú akkumulátorok ma a legdinamikusabban fejlődő akkumulátor technológiának tekinthetők, kapacitásuk 70-100% között van. A lítium-ion és a lítium-vas-foszfát két különféle akkumulátor típus, melyeket ma energia tárolásra használnak. A két típus között különbségek vannak energiasűrűség, élettartam és biztonság tekintetében. A legtöbb ember a lítium-ion akkumulátorokat okostelefonokból, táblagépekből és laptopokból ismeri. A lítium-vas-foszfát egy újabb típusú akkumulátor technológia, amely költséghatékony anyagainak és magas hőmérsékleti stabilitásának köszönhetően a PV rendszerekben is egyre elterjedtebbé válik.

Energiaszint különbség szempontjából a lítium-ion akkumulátorok energiasűrűsége nagyobb, mint a lítium-vas-foszfátoké. Tehát általánosságban megállapítható, hogy a nagy fogyasztók gyorsabban merítik a lítium-vas-foszfát akkumulátorokat. A

lítium-vas-foszfát akkumulátorok élettartama 2000-10000 ciklus, minimális degradációval bírják a magas hőmérsékletet, hosszú élettartammal rendelkeznek. A lítium-ion akkumulátorok a nagyobb energiasűrűség miatt instabilabbak, különösen magasabb környezeti hőmérséklet mellett, élettartamuk 500-1000 ciklus.

Fel nem használt akkumulátorok tárolásánál fontos olyan technológiát választani, amely hosszú időn keresztül nem veszít töltéséből. Mind a lítium-vas-foszfát, mind a lítium-ion akkumulátorok jó hosszú távú tárolási előnyökkel rendelkeznek. A lítium-vas-foszfát hosszabb ideig, 350 napig eltartható, a lítium-ion csak 300 napig.

PV rendszerek esetében a minél nagyobb biztonság fontos tényező. A lítium-ion magas energiasűrűsége miatt töltés közben gyorsan melegszik fel. A lítium-kobalt-dioxid mérgező, allergiás reakciókat válthat ki a szemén és bőrön, továbbá speciális áramtalanítási szempontokat kell figyelembe venni. A lítium-vas-foszfát kiváló hőmérsékleti és kémiai stabilitással rendelkezik, magasabb környezeti hőmérséklet mellett sem melegedik fel túlságosan, rövidzárlat esetén is éghetetlen, továbbá nem tekinthető mérgező anyagnak [13].

.

2.15 Okosmérő

„Az áramváltó lényegében egy transzformátor, amely egy primer és egy szekunder tekercsel rendelkezik és a mérendő áramkörbe a terheléssel sorba van kötve, azaz rajta a terhelés által meghatározott áram folyik keresztül. A működés alapját (eltekintve a veszteségektől) az $I_p \cdot N_p = I_s \cdot N_s$ egyenlet írja le, ahol I =áram és N =menetszám, p =primer, s =szekunder. Más szavakkal, a primer oldali menetszám és áram szorzata egyenlő a szekunder oldali menetszám és áram szorzatával. Ha a primer oldali menetszám, ahogy ez általában igaz a gyakorlatban, egyenlő 1-el, akkor láthatóan adott primer áram mellett a szekunder áram értéke a szekunder menetszámmal változtatható. Így pl. ha 300 A-t akarunk mérni és a kimeneten 1 A szekunder áram felel meg a primer oldali 300 A-nek, a szekunder oldali menetszám

300 lesz, a primer oldali menetszám pedig 1, hiszen az maga az az áramvezető (kábel), amelyiken az áramot (300 A) mérjük.” [14].



11. ábra - Huawei DTSU666-H okosmérő

A Huawei DTSU666-H típusú 100 A-es okosmérő (Smart Power Sensor) egy olyan intelligens teljesítményérzékelő, amely nagy-léptékű integrált áramkört alkalmaz digitális mintavételi technológiával. 176-288 V közötti feszültséget képes feldolgozni, energiafogyasztása nagyon alacsony, kevesebb mint 1W. Az érzékelő integrálása után a beépített LCD kijelzőn jeleníti meg a teljesítmény adatokat, és ezen keresztül könnyedén kezelhető. Az eszközt kifejezetten teljesítmény monitorozási és energiamérési igényekhez tervezték. Naperőműveken túl használják még a kommunikációs iparban, valamint az építőiparban. Olyan valós idejű paraméterek és mérések megjelenítésére képes, mint a háromfázisú feszültség, háromfázisú áram, teljesítmény, meddő teljesítmény, frekvencia, pozitív és fordított energia. Az eszköz segítségével részletes adatokat kaphatunk fogyasztásunkról. Ahelyett például, hogy a monitoring rendszerben figyelnénk a rendszerünk által megtermelt áram mennyiségét, valamint kint az órán a betáplált áram mennyiségét, az eszköz maga végzi el nekünk a számításokat, és jeleníti meg grafikusán az adatokat. Láthatjuk mekkora volt a rendszerünk termelése, és ebből mennyi volt a rögtön elfogyasztott áram, valamint mennyi külső exportált áramra volt szükségünk.

3 HMKE RENDSZER MÉRETEZÉSE ÉS TERVEZÉSE

3.1 Panel modulszám meghatározása

A családi ház éves villamosenergia fogyasztása 4300 kWh, a napelemes rendszerünket úgy kell megtervezni, hogy az fogyasztási igényeinket kielégítse. Magyarországon a napelemek ideális dőlésszöge 35° és 40° között van, a választott paneleket 35°-os dőlésszöggel telepítjük, így képesek a panelek leghatékonyabban termelni. A modulszám meghatározása érdekében tudnunk kell, hogy a helyszínen ahová rendszerünket telepíteni szeretnénk egy évben átlagosan mennyi napsugárzás érkezik 1m² területre. „Az éghajlat kialakításánál alapvető az a sugárzó energia, amely a Napból a földfelszínre jut. A besugárzás területi eloszlását két tényező határozza meg: a földrajzi szélesség, valamint a felhőzet mennyisége. Hazánk területén az országon belül tapasztalható kis szélességekülönbség miatt a döntő szerepet a felhőzet játssza. Magyarországon a legtöbb besugárzás a Tiszántúl déli területein tapasztalható, Szeged környékén ez az érték eléri a 4800-4900 MJ/m² értéket is.” [15]

Budapesten az 1 m²-re jutó éves besugárzás értéke körülbelül 4300 MJ.

$$W_{\text{nap}} = 4300 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \times \text{év}} = \frac{4300}{3,6} = 1194 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{év}}$$

$$W_{\text{fogyasztás}} = 4260 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}$$

$$P_{\text{max}} = 320 \text{ Wp}$$

$$\eta = 19\%$$

$$A_{\text{napelem}} = 1640 \text{ mm} \times 992 \text{ mm} = 1,63 \text{ m}^2$$

1 m² napelem által megtermelt energia egy év alatt:

$$W_{\text{napelem}} = W_{\text{nap}} \times \eta = 1194 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{év}} \times 0,19 = 227 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{év}}$$

Szükséges napelemterület meghatározása:

$$A_{\text{szükséges}} = \frac{W_{\text{fogyasztás}}}{W_{\text{napelem}}} = \frac{4260 \frac{\text{kWh}}{\text{év}}}{227 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{év}}} = 18,76 \text{ m}^2$$

Szükséges modulszám meghatározása:

$$N = \frac{A_{\text{szükséges}}}{A_{\text{napelem}}} = \frac{18,76 \text{ m}^2}{1,63 \text{ m}^2} = 11,51 \Rightarrow 12 \text{ db modul}$$

A szükséges modulszám energiafogyasztási igényinkhez 12 db panel. Az inverter DC oldali teljesítménye növelhető. DC arány növelésével előrébb hozható a rendszer termelésének felfutási ideje. Magyarországon rendszer méretezésénél használt DC/AC arány: 1,2. A rendszeremet DC oldalon 20%-al felülméretezhetem, így összesen 15 db panel kerül telepítésre.

Rendszer csúcsteljesítményének meghatározása:

$$P_{\text{csúcs}} = P_{\text{max}} \times N = 320 \text{ Wp} \times 15 = 4800 \text{ kW}$$

Rendszer éves energiatermelése:

$$\begin{aligned} W_{\text{max}} &= W_{\text{napelem}} \times N_{\text{napelem}} \times A_{\text{napelem}} = 227 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{év}} \times 15 \times 1,63 \text{ m}^2 = \\ &= 5550 \frac{\text{kWh}}{\text{év}} \end{aligned}$$

Ideális körülmények között a napelemes rendszerünk egy év alatt 5550 kWh energia megtermelésére képes, ami bőven fedezi a ház éves energiaszükségletét. A napsugárzás nem egyenlő mértékben éri a tető különböző oldalait, ezért optimalizálnunk kell. Elkövetkező években nincs tervbe véve komolyabb bővítés, elektromos autó töltőállomás telepítése esetén további modulok telepítése lenne szükséges, valamint a piacon kapható olyan inverter, ami egy töltőállomás funkcióit

is képes ellátni, de esetünkben ez az igény nem áll fenn. Az általam választott kialakítás: 1 db string, 15 db panel egymással sorba kapcsolva. Déli tájolás mellett 8 db panel, dél-keleti tájolással pedig 7db optimalizált panel kerül telepítésre.

3.2 DC kábel méretezése

Napelemes rendszereknél az úgynevezett DC szolár kábeleket szükséges használni előírt. Ezek a speciális kábelek biztosítják az inverterek és panelek közti egyenáramú összeköttetést. A szolár kábeleket kettős szigetelés védi, lehet őket tetőre és földre is fektetni. MSZ HD 60364-7-712.522.8.3 szabvány szerint a DC vezetékeknek ellenállóságot kell biztosítaniuk a szélsőséges időjárási viszonyok, UV sugárzás és más mechanikai tényezőkkel szemben. A DC szolár kábelek rendkívül magas, -40° és $+90^{\circ}$ közötti hőmérséklettűrési tartománnyal rendelkeznek [16].

“Laikusként szemlélve azt gondolhatnánk, hogy ezek a kábelek bármilyen, külsőre hasonló, PVC borítású, rézvezetővel ellátott, megfelelő keresztmetszetű vezetékkel helyettesíthetők, azonban ez komoly tévedés, melynek következményeként mind a személy, mind a vagyonbiztonság területén vészhelyzet állhat elő! A nem megfelelően kivitelezett rendszer nagyon komoly tüzeseteket és égési sérüléseket, vagy akár halálos balesetet is okozhat, tehát nagyon fontos, hogy mindig megfelelően méretezett, az előírásoknak megfelelő szolár kábelt használjunk a kivitelezésekor.” [17]

A DC szolár kábel hossza 25m. A megfelelő keresztmetszet kiválasztása érdekében DC oldalon meg kell határoznunk stringen belül az áramerősséget. A rendszerünk csúcsteljesítménye 4800 kW. Sorosan 15 db panelt kapcsolunk egymáshoz, a panelek névleges munkaponti feszültsége 33,2 V, ezekkel az értékekkel számolunk tovább.

$$I_{DC} = \frac{P_{string}}{N_{panel} \times U_{panel}} = \frac{4800 \text{ kW}}{12 \times 33,2 \text{ V}} = 12,04 \text{ A}$$

Méretezés feszültségesésre:

$$U_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{100} \times \frac{U_{string}}{2} = \frac{1}{100} \times \frac{398,4 V}{2} = 1,992 V$$

A réz kábel fajlagos ellenállása $0,018 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$.

DC Kábel keresztmetszetének meghatározása:

$$A = \frac{\rho}{U_{\epsilon}} \times I_{dc} \times l = \frac{0,018 \Omega \text{mm}^2/\text{m}}{1,992 V} \times 12,04 A \times 25 m = 2,719 \text{mm}^2$$

DC kábel szükséges keresztmetszete:

$$A = 4 \text{mm}^2$$

3.3 AC kábel méretezése

Az inverter és az elosztó közötti AC kábel hossza 15m. A $\cos\phi$ értéke 0,99.

Terhelő áram értékének meghatározása:

$$I_{AC} = \frac{P_{csúcs} \times \cos\phi}{U_n} = \frac{4800 kW \times 0,99}{\sqrt{3} \times 400 V} = 6,85 A$$

Méretezés feszültségesésre:

$$U_{\epsilon} = 0,75 \times \frac{\epsilon}{100} \times \frac{U_n}{\sqrt{2}} = 0,75 \times \frac{1}{100} \times \frac{400 V}{\sqrt{2}} = 1,73 V$$

AC Kábel keresztmetszetének meghatározása:

$$A = \frac{\rho}{U_{\epsilon}} \times I_{ac} \times l = \frac{0,018 \Omega \text{mm}^2/\text{m}}{1,73 V} \times 6,85 A \times 15 m = 1,069 \text{mm}^2$$

AC kábel szükséges keresztmetszete:

$$A = 1,5 \text{mm}^2$$

Méretezés teljesítményveszteségre:

$$v = I_{AC}^2 \times \left(\rho \times \frac{l}{A} \right) = 6,85^2 \times \left(0,018 \times \frac{15}{1,5 \text{mm}^2} \right) = 8,44 W$$

1,5 mm²-es vezetéken 8,44 W veszteség lép fel

$$v' = \frac{\alpha}{100} \times \frac{P_{csúcs}}{3} = \frac{1}{100} \times \frac{4800}{3} = 16 W$$

A mértékadó teljesítményveszteség 16 W

$v' > v$, eredetileg nem szükséges nagyobb keresztmetszetet választani, de esetünkben az inverter áthelyezésre kerülhet, és az adott szakaszt nem szeretnénk újra bontani, ezért az AC kábel választott keresztmetszete:

$$A = 2,5 \text{ mm}^2$$

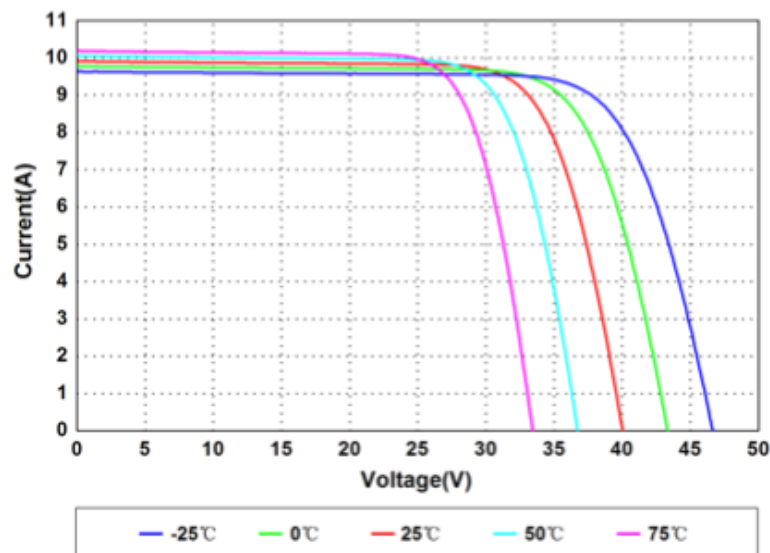
3.4 Napelemek felszerelése optimalizálókkal

A háztető déli-tájolású oldalára 8 panelt, a dél-keleti oldalra 7 db panelt szerelünk, melyek majd optimalizálnunk kell, ezt részleges optimalizálásnak nevezzük. A telepítést konzolok, tartószerkezetek felszerelésével kezdjük, következő lépés a panelek telepítése. A 7db panelt optimalizálóval szereljük fel, 1 db optimalizáló ellenállásának helyes értéke 1 k Ω , ha mérés során ez az érték kisebb, akkor hibás az optimalizáló, ha nagyobb, akkor nem megfelelő a besugárzás. A 7 db optimalizált panel esetében az ellenállások értéke megközelítőleg 7 k Ω kell legyen. Feszültség az optimalizált panelokon nem mérhető, ugyanis az optimalizáló kizárólag az inverterrel való kommunikációt megkezdve nyílik, és lép működésbe. Az optimalizáló rövideb vezetéket kötjük direktbe a panelekre, a hosszabb vezetéket pedig sorba tovább. MSZ HD 60364-7-712.522 szabvány pontja szerint a vezetékeket úgy kell szerelni, hogy a földzárlat, valamint rövidzárlat kockázata a lehető legkisebb legyen [18]. A kábelek elvezetése után az inverter telepítése következik. Az optimalizálókra a gyártó 25 év garanciát vállal.

3.5 Minimum és maximum modulszám meghatározása

Napelemeket egymással párhuzamosan kapcsolni csak azonos eredő feszültségű és modulszámú stringek mellett lehetséges. Egy stringen belül IEC 62548 és 62738

szabvány szerint mind a legnagyobb, mind a legkevesebb megengedhető napelem modulszámot meg kell határozni szélsőséges hőmérsékleti viszonyok mellett. A maximális modulszám meghatározásához fontos paraméter a megengedett maximális feszültség, melyet vagy az inverter vagy a panel határoz meg. Amennyiben a panelünk 1500 V-ra képes, úgy az inverter maximális DC feszültsége fogja meghatározni ezt az értéket. Ha a panel maximális feszültsége 1000 V, akkor a megengedett maximális feszültség is 1000 V lesz. A mi esetünkben a választott panelek maximális feszültsége 1000 V, tehát mi is ezzel az értékkel fogunk számolni. Hazai szélsőséges viszonyok mellett a panel hőmérsékletét legalacsonyabb környezeti hőmérséklet mellett -20 C-on határozom meg.



12.kép - Amerisolar AS-6M30-320 panel környezeti hőmérséklet függése

Maximális modulszám meghatározásához szükséges:

V_{dcmax} : megengedett maximális feszültség (V) inverter vagy panel által

V_{oc} : PV panel üresjárási feszültsége (V)

t : panel hőmérséklete legalacsonyabb környezeti hőmérséklet mellett (C)

K_v : napelem hőmérsékleti együtthatója V_{oc} -ra nézve

$$N < \frac{V_{dcmax}}{V_{oc} \times [1 + (t - 25) \times K_v]} = \frac{1000 \text{ V}}{40,4 \text{ V} \times [1 + (-20 - 25) \times (-0,0029)]} = 21,89$$

$$N_{\max} = 21 \text{ db}$$

Minimális modulszám meghatározásához szükséges:

Vstart: inverter startfeszültsége (V)

Voc: PV panel üresjárási feszültsége (V)

t': panel hőmérséklete legmagasabb környezeti hőmérséklet mellett (C)

Kv: napelem hőmérsékleti együtthatója Voc-ra nézve

$$N > \frac{V_{start}}{V_{oc} \times [1 + (t' - 25) \times K_v]} = \frac{1000 \text{ V}}{40,4 \text{ V} \times [1 + (60 - 25) \times (-0,0029)]} = 5,5$$

$$N_{\min} = 6 \text{ db}$$

Egy stringen belül maximum 21, minimum 6 db panelt rakhatunk, így az általam korábban választott kialakítás megfelelő, mely szerint 1 db stringen belül 15 db panel kerül egymással sorba kötve. Ha párhuzamosítanánk az ágot, akkor az áramok értéke összeadódna, nagyobb lenne a zárlati árama a paneloknak, mint amit az inverter még képes elviselni, belső ív keletkezne, és így az inverter maradandóan sérülne, továbbá olvadóbiztosítót lennének kénytelenek beiktatni, amitől kevésbé lenne üzembiztos a berendezés.

3.6 Inverter telepítése

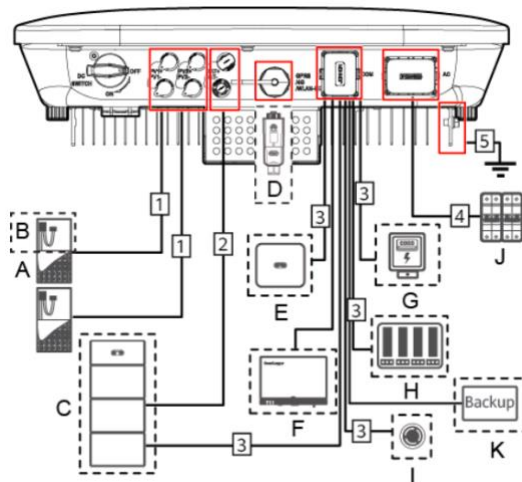
Inverter telepítése szempontjából MSZ HD 60364-7-712.513.1 szabvány pontja ad útmutatást, miszerint az adott eszközt úgy kell felszerelni, hogy az könnyen szerelhető, karbantartható legyen [19]. Fontos, hogy a többi elektromos berendezéstől megfelelő távolságra kerüljön elhelyezésre. Az invertert házon belül

is el lehet helyezni, én viszont a panelek alatti ház falának oldalára helyezem az eszközt. Az erkély alatti rész biztonságos, árnyékos és csapadéktól is védett külső házfal. A ház falára az invertert csak függőleges helyzetben szabad elhelyezni. Az inverter csatlakoztatásánál figyelni kell, hogy a kapcsolási tervnek megfelelően kerüljön bekötésre az eszköz. Hibás bekötés komoly károkat eredményezhet a napelem rendszerben, de a házra is veszélyes lehet. Telepítés során meg kell győződnünk róla, hogy a rendszer egész biztosan nincsen feszültség alatt. Inverter bekötése során az AC oldalnak feszültség mentesnek kell lennie, optimalizáló bekötésekor a DC oldalnak is [20].

Az inverter rendelkezik II-es típusú túlfeszültség védelemmel. Abban az esetben, ha a garanciális időn belül ez a túlfeszültség védelem megszólal, az inverter még mindig működőképes viszont, ha másodjára megszólal, az inverter tönkremegy, és ezt a garanciális időn belül ingyenesen cseréli a gyártó. A garanciát abban az esetben tudjuk érvényesíteni, ha a kivitelezéskor a gyártó által megjelölt eszközöket használjuk. Ezért fontos a megfelelő sűrítési arány a DC csatlakozók szerelésénél, és a nagyobb inverter esetében az AC oldali nyomaték is elengedhetetlen. Lehetőség adódik alumínium és réz vezetékek összekötésére, a gyártó erre is megadja az ajánlott anyaghasználatot. MSZ HD 60364-7-712.41 szabvány pontja szerint még ha a rendszert le is kapcsoltuk AC oldalról, a DC oldal akkor sem tekinthető feszültség mentesnek [21]. A DC kábelt kettős szigetelés védi, mely megakadályozza, hogy áramütés veszélye alakulhasson ki.

Az inverterre a gyártó 10 év garanciát vállal, az inverter telepítését a gyártó az User manuál 34. oldalától tárgyalja.

A SUN2000 inverter falra vagy oszlopra szerelhető. Az invertert függőlegesen vagy legfeljebb 15 fokos döntéssel szabad felszerelni a tartóoszlopokra, így megkönnyítjük a hőelvezetést. Az berendezés tetejétől legalább 30 cm-es távolságot, az aljától 40 cm-es távolságot, két oldalától 35 cm-es távolságot kell hagyni.



13.kép – Inverter csatlakozói

Az inverter 1-es jelölésű csatlakozásához kötjük DC kábellel a PV modulokat, valamint az optimalizálókat. A 2-es jelölésű csatlakozáshoz megy az akkumulátor, a 3-as csatlakozásra pedig az okosmérő, valamint az egyes védelmi berendezések. A 4-es pontra kötjük az AC kábeleket, 5-ös pontra a földelést. Kábelek bekötésénél fontos, hogy a tömszelencéket megfelelően húzzuk meg annak érdekében, hogy teljesen elzárjuk a külső nedves párától a vezetékeket, így megakadályozzuk, hogy esetlegesen rövidzár alakulhasson ki.

Az inverter telepítését követően az inverter USB csatlakozójába helyezzük az inverterhez tartozó Wlan-FE Dongle készüléket, mely biztosítja a kommunikációt Wlan vagy RJ45-ös csatlakozón keresztül a Managment system felé. A management system a Huawei esetében a Fusion Solar.

3.7 Okosmérő bekötése

Az okosmérő áramváltó tekercseit beiktatjuk a fogyasztásmérő, és a lakáelosztó pont közé. Fontos, hogy fázishelyesen rakjuk fel a tekercseket, valamint a fogyasztásmérőbe is fázishelyesen kössük be azokat. Az áramváltók vezetékei ennél

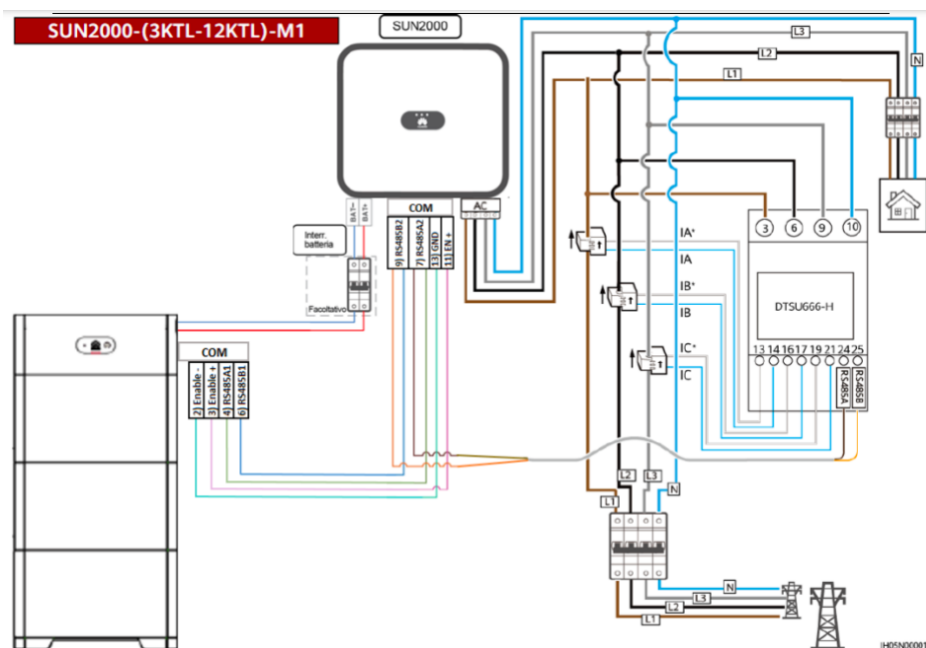
az eszköznél színjelöléssel vanna ellátva, ami megkönnyíti a bekötést. Az Áramváltók felhelyezésénél szintén fontos, hogy az áram iránya, az a fogyasztás mérő hely felől a ház elosztója felé halad. Ha például az áramváltó tekercseit fordítva kötjük be, és fordítva rakjuk fel az áramváltót is, akkor a mért értékünk helyesen fog megjelenni a mérőn. Az áramváltó és az inverter közötti kommunikáció RS485-ös vezetéken keresztül történik, az eszköz csatlakoztatása a 3.8 fejezetben látható. Fontos megemlíteni, hogy bruttó elszámolás esetén, ha zero exportot vagyis VisszWatt védelmet állítunk, akkor az áramváltó pontosságának és a tekercsek menetszámának jelentősége van. Mivel ennél a mérőnél az áramváltók nem változtathatóak, ezért fontos, hogy a kimenő és bejövő áramunk nagyságrendileg 100 A között legyen. Az okosmérőre a gyártó 2 év garanciát vállal.

3.8 Akkumulátor bekötése

Az akkumulátor bekötése ellentétben a sorba kapcsolt panelek vezetékeivel, ahol a csatlakozó egy vezetéken belül male és female, a pozitív és negatív vezetéknél is azonos csatlakozó. Ezért pozitív-pozitív és negatív-negatív csatlakozóval csatlakozik az inverter az akkumulátorhoz. A két berendezés közötti kommunikáció 5 vezeték éren keresztül megy végbe, melyből egy a BAT-, egy a BAT+, egy db kommunikáció A és egy B, valamint egy shielding, vagy vezeték köpeny. A fejegység vagy DC/DC átalakító és a modul rj45-ös csatlakozón keresztül kommunikál egymással. A kettő közötti kapcsolat a gyártó által biztosított male-male és female-female connector.

3.9 Részegységek csatlakozása az inverterhez

Az invertert az akkumulátorral, valamint az okosmérővel az alábbi módon csatlakoztatjuk egymáshoz.



13. ábra – Inverter csatlakoztatása az egyes eszközökhöz

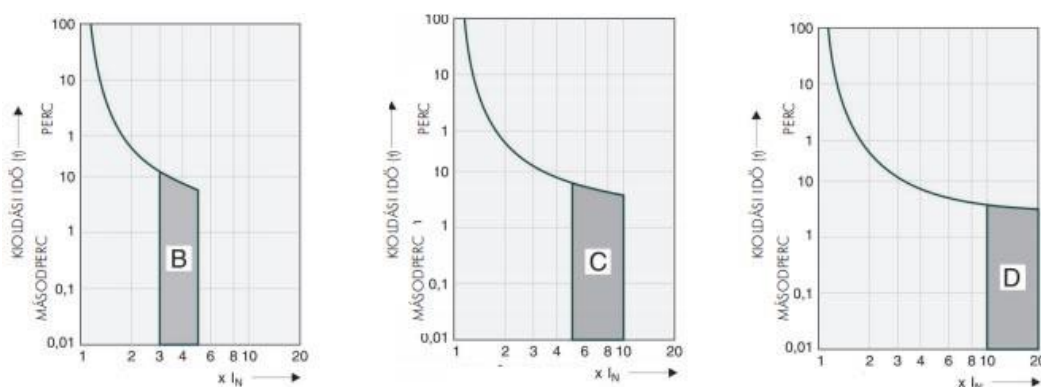
A bekötés során figyelni kell az egyes pin-ek megfelelő egymáshoz csatlakoztatására.

3.10 Kialakítás

Az egyvonalas villamos tervrajz a 3. Mellékletben található. A közcélú hálózatra való csatlakozás Geyer típusú elosztó szekrényből történik. A mérőből a sorkapocsra 3 fázisvezető és PEN vezető csatlakozik. A méretlen oldal fázisainak szakaszvédelme C20-as típusú védelemmel van ellátva, a PEN vezető szétválasztása a mérőhelynél történik meg.

A mért fővezeték első csatlakozási pontja a Schneider Electric R9R11225 típusú 4 pólusú AC fi relé, melynek megszólalási értéke 25 mA. A Power Sensor áramváltói is erre a pontra vannak csatlakoztatva, az áramváltó vezetékeinek keresztmetszete

1,5mm². A Power Sensor túláramvédelmét a Schneider Electric R9F14306 C6A 4,5kA típusú 3 pólusú kismegszakító látja el. A főelosztó szekrényből az egyes fogyasztók fázisonként úgy lettek szétosztva, hogy egyenletes terhelést kapjanak. A főelosztóban kap ugyancsak helyet az inverter SOCOMEC SIRCO M típusú 3 pólusú leválasztó kapcsolója. Ennek a szakasznak a védelme a lakáskörben elhelyezett leválasztó kapcsoló után található, ami egy Schneider Electric R9F14110 C10A/4,5kA típusú 3 pólusú készülék.



15.kép - kismegszakítók karakterisztikája típusok szerint

Túlfeszültség védelmet AC oldalon OBO Betterman T1+T2 3P+NPE készülék biztosítja. A főelosztó és az inverter közötti 5 eres vezeték keresztmetszete 2,5mm². A DC oldali védelmek egy napelemes gyűjtőszekrényben kerültek elhelyezésre, ebben található 1db OBO V20-C 3-PH-1000 túlfeszültség levezető, valamint a DC szakaszok védelme érdekében egy plusz és mínusz vezetékekre csatlakoztatott Eaton Bussmann gPV15A biztosítós szakaszoló kapcsoló, mely az inverter 15 A-es DC rövidzárási áramához lett igazítva. Az akkumulátort és invertert 3 méteres vezeték köti össze, a két berendezés közt található még egy Eaton Bussmann 25A-es DC biztosító.



16.kép - Santon DFS-14 tűzvédelmi kapcsoló

A DC kábel első csatlakozási pontja 23 m után a tetőtérben található Santon DFS-14 tűzvédelmi kapcsoló. A 20 méternél hosszabb DC szolár kábelek esetében tűzvédelmi leválasztó berendezés beiktatása szükséges. A leválasztó AC csatlakozása a főelosztóban található meg, szerepe, hogy áramkimaradás esetében a DC oldalt lekapcsolja. Az összekötő vezeték hossza 15 m, keresztmetszete 1,5 mm². A szakasz védelme a lakasköri főelosztóban egy Schneider Electric R9F14306 C6A 4,5kA típusú 3 pólusú megszakító. A leválasztó kapcsoló után következik sorba 7 db optimalizált és 8 db optimalizálatlan panel. A tartószerkezet földelése 6 mm² keresztmetszetű, és 10 m hosszú vezetéken csatlakozik a DC gyűjtőszekrénybe. A napelemes DC gyűjtőszekrény is 6 mm² keresztmetszetű vezetéken csatlakozik a főelosztóra.

3.11 Inverter beüzemelése FusionSolar alkalmazás használatával

A FusionSolar weboldalt megnyitva a jobb alsó sarokban 2 db QR-kódot láthatunk. Egyet az apple store-hoz, és egyet pedig a Huawei app gallery-hez. App gallery-n keresztül tudjuk letölteni a legfrissebb FusionSolar alkalmazást. Huawei

telefonokhoz előbb elérhetőek általában a frissítések a többi mobil platformmal összehasonlítva. Fontos, hogy a megfelelő beüzemeléshez mindig a számunkra rendelkezésreálló legfrissebb applikáció verziót használjuk. Az alkalmazás megnyitása után repülőgép üzemmódba rakjuk a telefonunkat, és a jobbfelső sarokban lévő három pont segítségével megjelenítjük a device commissioning-et. Ezután visszakapcsoljuk a wifi-t, és scanneljük az inverteren található QR kódot, így lesz képes a telefonunk az inverterrel való kommunikációra. M1 inverterek esetében nekünk kell megadnunk a jelszót. A beüzemelésnél fontos a megfelelő időzóna és megfelelő Grid kód használata. A Grid kód tartalmazza a Magyarországon hatályban lévő áramszolgáltatói védelmi beállításokat, ebben az esetben a VDE-AR-N 4105. A Grid kód ellenőrzése után a UI felületen láthatjuk a csatlakoztatott eszközöket, majd ezután csatlakoztatjuk az eszközt a wifi hálózathoz, és szinkronizáljuk egymással az applikációt és az invertert. Nem megfelelő internet kapcsolat esetén hibaüzenetet kapunk. Ha a csatlakozás sikeresen végbement láthatjuk a Management System-et. Az akkumulátor beállításainál 3 pontot találunk. TOU vagyis Time of Use, amely egy részletes beállítást vagy napi menetrendet ad az akkumulátornak. Például beállíthatjuk, hogy az inverter éjszaka 1kW-ot termeljen akkumulátorra, így reggel felébredve az olcsóbb éjszakai áramot tudjuk elhasználni. Napközben van lehetőség beállítani, hogy a termelt energiát miszerint priorizálja a rendszer, esetleg felhasználjuk vagy a hálózatra töltjük. Ezen felül van még két beállítás, Maximum self consumption, és fly fed to grid. Az akkumulátort fontos úgy beállítani, hogy a minimum töltés 20%, a maximum 90% legyen, ezzel csökkentjük ciklikusságát és garantáljuk a maximális élettartamot. Gyártói garancia az akkumulátorra, 13,17MWh 10 év alatt 20%-veszteség megengedett.

3.12 Energy Management System

Az ábrán az Energy Management System felülete látható. A felület képes az energia termelésünk és energia felhasználásunk adatait az idő függvényében ábrázolni. Megadhatunk napi, havi, és éves bontást. Leolvashatjuk mikor, hogyan termelt a rendszerünk, valamint a fogyasztásunk miként alakult. Zöld színnel a PV rendszer kimeneti teljesítménye, pirossal a fogyasztás, világoskékkel az ön-fogyasztás, sárgával a besugárzás, sötét kékkel az akkumulátorba töltött teljesítmény, lilával pedig az akkumulátorból felhasznált teljesítmény van jelölve.



14. árba - Energy Management system

Az itt leolvasható adatokból látszik, hogy a panelek 6-7 óra között kezdenek el termelni, és 11-15 óra között a besugárzás váltakozásával a rendszer által termelt energia is ingadozik. 11 órákor az akkumulátor töltése befejeződik, vélhetően a háztartásban tartózkodó személy ekkor kezdett el energiát fogyasztani, és az otthoni tartózkodása alatt a PV rendszer által termelt energiát használta fel. 17 óra után, ahogyan csökken a PV rendszer kimeneti teljesítménye, úgy kapcsol át a rendszer akkumulátoros fogyasztásra.

4 RENDSZER MEGTÉRÜLÉSE

Az egyes eszközök árát az alábbi táblázatban ismertetem. A Huawei termékek árát EUR-ból HUF-ba váltottam át, ami jelen dolgozat zárásakor 1 euró 365 forint.

Termék	Mennyiség (db)	Ár (ft)
Amerisolar AS-6M30-320 napelem	15	854850
Huawei SUN2000-4KTL-M1 inverter (+ Dongle)	1	255500
Huawei SUN2000-450W-P Optimalizáló	7	76650
Huawei Smart String ESS 5kWh Akkumulátor	1	620500
Huawei DTSU666-H típusú Okosmérő	1	36500
Tartószerkezetek + egyéb eszközök	1	70000
Összesen	-	1914000

A napelemes rendszerünket úgy terveztük meg, hogy képes legyen ellátni a ház éves energiaszükségletét. Jelenleg évente 170000 forintos villanyszámlát fizetünk, a rendszer telepítése után ez az összeg 0 forintra jöhet ki. Amennyiben elosztjuk a rendszer teljes költségvetését az egy évben villamosenergiáért fizetett árral, akkor megkapjuk közelítőleg hány év alatt térül meg a „befektetésünk”. $1914000 / 170000 = 11,2$. Tehát várhatóan körülbelül 11 év alatt térülne meg a rendszerünk. Azonban ez csak közelítő érték, nem tudjuk milyen villamosenergia árak várhatóak a jövőben. A közcélú hálózatról vételezett áram árának esetleges emelkedésével a megtérülési idő is csökkeni fog.

5 KITEKINTÉS

5.1 PV rendszerek jövője Magyarországon

A 2024 után telepített napelem rendszerekre az eddigi szaldós helyett várhatóan bruttó elszámolás lesz érvényes. A koronavírus válságot követő hirtelen megnövekedett fogyasztási igények, az Európai Unió dekarbonizációs törekvései, valamint az Oroszország felől érkező gáz mennyiségének csökkenése miatt eddig soha nem látott villamosenergia áremelkedés következett be a piacon. Napelem rendszer kiválasztásakor, valamint egyes trendek meghatározása érdekében a fentebb sorolt jelenségeket feltétlenül figyelembe kell venni. A magas villamosenergia árak várhatóan sokáig velünk maradnak, nem mindegy milyen rendszert telepítünk, és arra milyen elszámolás vonatkozik.

- Szaldós elszámolás:

A jelenlegi jogszabályok alapján érvényes szaldós elszámolás lényege, hogy az áramszolgáltató megnézi mennyi áramot termelt a rendszerünk egy adott év alatt, s amennyiben a fogyasztásunk alacsonyabb volt, mint az általunk megtermelt áram, akkor az árkülönbséget visszaigényelhetjük. Ha a fogyasztásunk meghaladta az rendszerünk által megtermelt áram mértéket, nekünk van fizetési kötelezettségünk az áramszolgáltató felé. Ez a fajta elszámolási mód viszonylag kedvezőnek mondható, mivel ugyanolyan áron veszi meg tőlünk az áramszolgáltató az áramot, mint amennyiért mi az áramszolgáltatótól, amikor arra szükségünk van [22].

- Bruttó elszámolás:

A bruttó elszámolás lényege, hogy az áramszolgáltató más áron fogja megvásárolni tőlünk a hálózatba feltáplált energiát, mint amennyiért mi tőlük vételezzük. Az ár jelenleg még ismeretlen, de az biztosan tudható, hogy a tőlünk megvásárolt áramért az áramszolgáltató kevesebbet fog fizetni. Ez az elszámolásmód kevésbé tekinthető

kedvezőnek a fogyasztó szemszögéből, összehasonlítva a szaldós elszámolással. A napelemes rendszerek megtérülési ideje így egészbiztosan növekedni fog, ami a leendő napelemtulajdonosokat várhatóan kevésbé ösztönözi majd [23].

- Lehetőségek

Az előbb említett szaldós elszámolás tehát kedvezőbb számolási módnak tekinthető a fogyasztók számára, mint a jövőben várható bruttó elszámolás. Sokan akarnak 2024 előtt napelemes rendszert telepíteni, hogy a jelenleg is érvényben lévő elszámolási mód vonatkozzon még rájuk. Kérdés, hogy 2024 után mi várható, mivel lehet majd ösztönözni a lakossági felhasználókat. Ösztönző lehet, ha itthon is irreálisan magas villamosenergia árak lesznek, de más tényezők is szerepet játszhatnak például, hogy mekkora és milyen konstrukciójú állami támogatások lesznek. Az egészen biztos, hogy a felhasználók a szaldós elszámolás mellett minél kevesebb áramot akarnak majd a hálózatról vételezni, így kerülnek előtérbe az energiatárolós hibrid rendszerek, de sok múlik természetesen azon, hogy az akkumulátor fejlesztés területén milyen nagyságú fejlődés megy végbe a jövőben.

5.2 Akkumulátoros rendszerek jövője

A megújuló energia környezet kémélő tulajdonságai mellett egy másik nagy előnye, hogy költséghatékonyságban is egyre inkább versenyképes a fosszilis vagy nukleáris energiához képest. Magyarországon napelemes rendszerek megtérülési ideje viszonylag magas, a hálózatról érkező energia még mindig olcsóbb, azonban Németországban annyival magasabb a hálózatról vételezett lakossági villamos energia ára, hogy a hazai viszonyokhoz képest sokkal gyorsabb ütemben terjednek mind az ipari, mind a lakossági naperóművek. Napelemmel rendelkező háztartások villamos energia költsége közel egyharmadával kevesebb a napelemmel nem rendelkező háztartásokhoz viszonyítva, az újonnan telepített rendszerek több mint 60%-át akkumulátoros energiatárolóval telepítik. Európában évről-évre növekszik az adott évben telepített akkumulátor kapacitás. 2020-ban körülbelül 140 ezer 1

GWh-nál nagyobb kapacitású akkumulátort telepítettek napelemes rendszerekhez, és a tendencia várhatóan 2021-ben sem lassul [24].

Kontinens szerte terjed a szabályozás, miszerint új naperőműves rendszereket már csak energiatárolóval kiegészítve szabad majd a közcélú hálózatra csatlakoztatni. Várhatóan a trend nem áll meg, és Magyarországon is hoznak a közeljövőben hasonló szabályozásokat. Ebből a szempontból is érdekes fejlemény, hogy nem rég megalakult a Magyar Akkumulátor szövetség, mely megalakulása után rögtön belépett a European Battery Alliance szervezetbe, és a kormánnyal együttműködve elkészítették az első hazai akkumulátor stratégia tervezetet. A jelenleg még jóváhagyásra váró, 2030-ig szóló kormányzati stratégia célja “hogy Magyarországot az európai akkumulátor-értéklánc egyik központjává tegye 1) a környezeti és társadalmi szempontból fenntartható akkumulátor-értéklánc megteremtésével, illetve 2) versenyképes nemzeti iparág kialakításával azért, hogy a Magyarországon gyártott termékből egyre inkább Magyarországon fejlesztett termékek legyenek”. A stratégia további céljai között szerepel az E-töltő infrastruktúra fejlődésének elősegítése, valamint a kis-, közepes és nagyméretű naperőművek akkumulátorral való ellátása [25].

Napelemes rendszerekkel kapcsolatban nem kérdés, hogy a hálózatra csatlakoztatott, energiatárolóval ellátott rendszerek előretörése várható. Mindenki olyan villamosenergia ellátást szeretne, ami a nap 24 órájában mindig rendelkezésre áll, azonban az már egy másik kérdés, hogy a jövő villamosenergia termelése alapulhat-e kizárólag a megújulókon. Probléma, hogy a megújuló energiát leginkább nem akkor szeretnénk felhasználni, mikor azt megtermeljük. Ebből a szempontból nyilván előrelépés az energiatárolós rendszerek alkalmazása, viszont az akkumulátoros megoldások egyik nagy hátránya, hogy a hosszabb időre betárolt energia esetén az akkumulátorok hatékonysága csökken. A jövő nagy kihívása tehát, hogy az energiatárolásra alternatív megoldásokat találjunk. Nagy figyelmet kapott az utóbbi időben a zöld hidrogén, mivel egy elektrolízissel működtethető zöld hidrogén üzem gyakorlatilag bárhol telepíthető, hatékonysága viszont még elég alacsony. A klíma-katasztrófa elkerülése, és általánosságban környezetünk védelme érdekében kívánatos a megújuló energiatermelők gyarapítása, azonban a megtermelt

energiát valahogyan célszerű lenne tárolni, megújulók tekintetében ez a jövő legnagyobb kihívása [26].

6 ÖSSZEFOGLALÁS

Szakdolgozatomban bemutatásra került egy HKME rendszer tervezése, a ma még Magyarországon nem elterjedt Huawei rendszer elemeiből.

A megvalósítás előtt először ismertettem a rendszer, valamint az egyes részegységek működését. Bemutattam milyen megoldásokat kínálnak a Huawei inverterek, és hogyan működnek együtt a napelemes rendszer többi részével. A háztartás fogyasztását, valamint a ház földrajzi elhelyezkedését figyelembe véve elvégeztem a méretezéshez szükséges számításokat, ezután elkészítettem a családi ház villamos rajzát, és bemutattam az egyes védelmi berendezések elhelyezését, majd vizsgáltam a HMKE rendszer költséghatékonyságát. A piacon uralkodó trendek alapján ismertettem az energiatárolós rendszerekben rejlő lehetőségeket és azokat az elvárásokat, amelyek a világ hosszútávú energiaellátásának megoldására irányulnak.

7 SUMMARY

In my thesis the design of a HKME system from the elements of the Huawei system, which is not yet widespread in Hungary, was presented.

Before the implementation, I first described the operation of the system as well as the individual components. I have shown what solutions Huawei inverters offer and how they work with the rest of the solar PV system. Taking into account the consumption of the household and the geographical location of the house, I performed the necessary calculations for the sizing. Then I made the electrical drawing of the house and presented the location of each protection device, and examined the cost-effectiveness of the residential PV system. Based on the prevailing market trends, I described the potential of residential PV systems tied with energy storage and the expectations for solving the world's long-term energy supply.

8 IRODALOMJEGYZÉK

- Dr. Novothny Ferenc: Villamosenergia-ellátás I-II. (ÓE KVK 2052)
- Magyar Mérnöki Kamara: Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez.

[1]- <https://www.business-standard.com/about/what-is-huawei>

[2]- <https://www.business-standard.com/about/what-is-huawei>

[3]- MSZ 447:2019

[4]- <https://audaxrenewables.hu/ugyintezes/uzleti/muszaki-ugyek/hasznos-tudnivalok-hmke/>

[5]- http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/Napelemek_fizikai_alapjai_2ea.pdf

[6]- <https://sinovoltaics.com/learning-center/quality/standard-test-conditions-stc-definition-and-problems/>

[8]- <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-inverters-and-grid-services-basics>

[9]- <https://docplayer.hu/808728-Megujulo-energiatermelo-rendszerek-napelemes-eromuvek.html>

[12]- <https://www.eu-solar.hu/tigo-napelem-optimalizalo/>

[13]- <https://blog.epectec.com/lithium-iron-phosphate-vs-lithium-ion-differences-and-advantages>

[14]- <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2009/julius-augusztus/1132-hogyan-mukodik-az-aramvalto>

[15]- https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/sugarzas/

[16]- MSZ HD 60364-7-712.522.8.3

[17]- <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2013/oktober/2586-a-szolar-kabelekr>

[18]- MSZ HD 60364-7-712.522

[19]- MSZ HD 60364-7-712.513.1

[20]- <https://www.eu-solar.hu/blog/napelem-inverter-elhelyezese/>

[21]- MSZ HD 60364-7-712.41

[22]- <https://solar-kit.hu/szaldos-vagy-brutto-elszamolas/>

[23]- <https://solar-kit.hu/szaldos-vagy-brutto-elszamolas/>

[24]- <https://www.napi.hu/magyar-vallalatok/napelem-akkumulator-kapacitas-europa-kutatas-energia.741084.html>

[25]- <https://www.portfolio.hu/uzlet/20211018/nagy-valtozas-keszulodik-energiatarolokkal-latnak-el-a-magyarorszag-i-naperomuveket-505290>

[26]- <https://g7.hu/tech/20210122/a-jovo-aligha-alapulhat-kizarolag-megujulo-energiatermelesen/>

8.1 Videók:

[7]-https://www.youtube.com/watch?v=gbJgzs-bp94&t=496s&ab_channel=WagnerSolarHU

10]-

https://www.youtube.com/watch?v=S96sgj7Su9o&t=49s&ab_channel=HuaweiFusionSolar

[11]-

https://www.youtube.com/watch?v=2gWYPfwd8e8&t=842s&ab_channel=HuaweiFusionSolar

8.2 Képek

1.kép-<https://www.villanylap.hu/hirek/5631-jelentos-mertekben-novekedett-hazankban-a-beepitett-hmke-k-darabszama-es-kapacitasa>

2.kép-<https://min.news/en/economy/a4d65dfda1902accff92f070a21c6ada.html>

3.kép-<http://www.napelemesek.hu/napenergia.php>

4.kép- <https://www.solarquotes.com.au/panels/photovoltaic/monocrystalline-vs-polycrystalline/>

5.kép-<https://ipkameradiszkont.hu/Amerisolar-AS-6M30-320-Napelem-1db-is>

6.kép-https://www.researchgate.net/figure/Ideal-pulse-width-modulation-PWM-inverter-output-voltage-instantaneous-component-blue_fig4_319071311

7.kép- 2.melléklet

8.kép-https://220v.com.ua/dok/huawei/Sheet_A4_EN_AntiPID.pdf

9.kép-<https://merkasol.com/Huawei-SUN2000-450W-P-Smart-PV-Optimizer>

10.kép- <https://merkasol.com/Huawei-Luna2000-5kWh-Lithium-Battery>

11.kép- <https://napelemshop.hu/huawei-smart-power-sensor-dtsu666-h>

12.kép-1.melléklet

13.kép-Huawei SUN2000-4KTL-M1 User Guide

14.kép- Huawei Smart String ESS 5kWh User Guide

15.kép-https://www.zipernowsky.hu/~naszlaci/erasmus+/weblap2015-2016/mz/mz_b.htm

16.kép-https://szalontai.co.hu/hu/webshop/product/santon-tuzvedelmi-kapcsolo-4p-dfs-14_1507

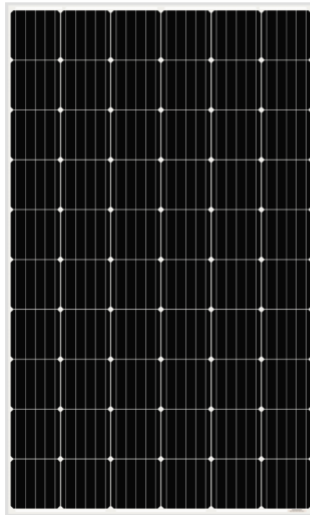
17.kép-Szigethy Zsolt

1. melléklet



AS-6M30

MONOCRYSTALLINE MODULE



Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution

ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

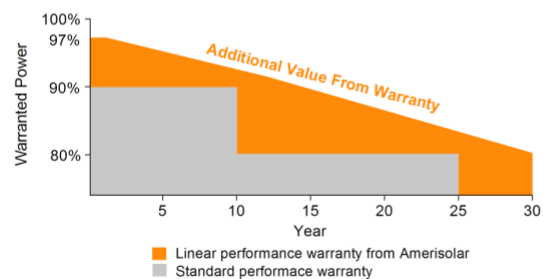
- High module conversion efficiency up to 19.67% through innovative five busbar cell technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 3600Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

CERTIFICATIONS

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC 62716, IEC 61701, IEC TS 62804, CE, CQC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), KS(South Korea), BIS(India), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2015: Quality management system
- ISO14001:2015: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC									
Maximum Power (P_{max})	280W	285W	290W	295W	300W	305W	310W	315W	320W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	38.8V	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V	40.0V	40.2V	40.4V
Short Circuit Current (I_{SC})	9.35A	9.44A	9.53A	9.62A	9.70A	9.79A	9.88A	9.97A	10.06A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	31.6V	31.8V	32.0V	32.2V	32.4V	32.6V	32.8V	33.0V	33.2V
Current at Maximum Power (I_{mp})	8.87A	8.97A	9.07A	9.17A	9.26A	9.36A	9.46A	9.55A	9.64A
Module Efficiency (%)	17.21	17.52	17.83	18.13	18.44	18.75	19.05	19.36	19.67
Operating Temperature	-40°C to +85°C								
Maximum System Voltage	1000V DC/1500V DC								
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL 1703)/Class C (IEC 61730)								
Maximum Series Fuse Rating	15A								

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT									
Maximum Power (P_{max})	207W	211W	215W	218W	222W	226W	230W	234W	238W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	35.7V	35.9V	36.1V	36.3V	36.5V	36.7V	36.9V	37.1V	37.3V
Short Circuit Current (I_{SC})	7.57A	7.65A	7.72A	7.79A	7.86A	7.93A	8.00A	8.08A	8.15A
Voltage at Maximum Power (V_{mp})	28.8V	29.0V	29.2V	29.4V	29.6V	29.8V	30.0V	30.2V	30.4V
Current at Maximum Power (I_{mp})	7.19A	7.28A	7.37A	7.42A	7.50A	7.59A	7.67A	7.75A	7.83A

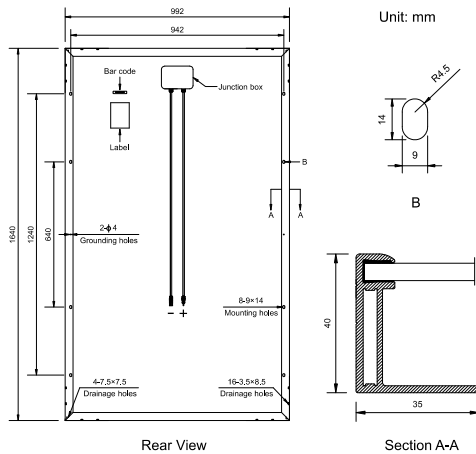
NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Cell type	Monocrystalline 6inch
Number of cells	60 (6x10)
Module dimensions	1640x992x40mm (64.57x39.06x1.57inches)
Weight	18kg (39.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), 900mm (35.43inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.38%/°C
Temperature Coefficients of V_{OC}	-0.29%/°C
Temperature Coefficients of I_{SC}	0.052%/°C

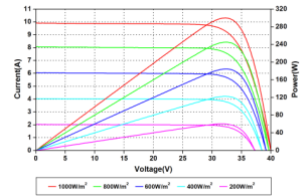
PACKAGING	
Standard packaging	26pcs/pallet
Module quantity per 20' container	312pcs
Module quantity per 40' container	728pcs(GP)/798pcs(HQ)

ENGINEERING DRAWINGS

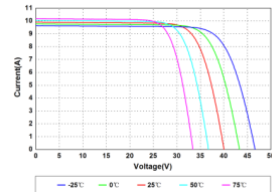


Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

2. melléklet

Smart Energy Controller



Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer ¹



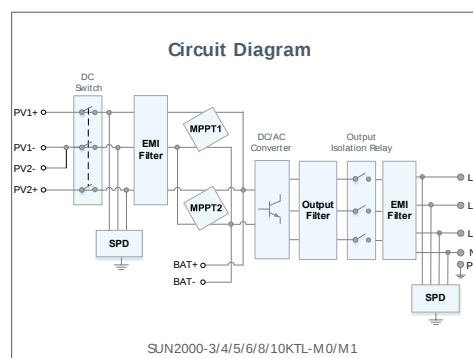
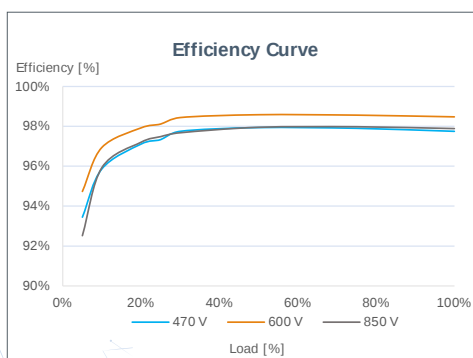
Battery Ready

Plug & Play battery interface ²



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



¹ Only applicable to SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1 smart energy center.

² SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M0 will be compatible with HUAWEI smart string ESS in Q1, 2021.

SUN2000-3/4/5/6/8/10KTL-M1
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -3KTL-M1	SUN2000 -4KTL-M1	SUN2000 -5KTL-M1	SUN2000 -6KTL-M1	SUN2000 -8KTL-M1	SUN2000 -10KTL-M1
-------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------

Efficiency

Max. efficiency	98.2%	98.3%	98.4%	98.6%	98.6%	98.6%
European weighted efficiency	96.7%	97.1%	97.5%	97.7%	98.0%	98.1%

Input (PV)

Recommended max. PV power ¹	4,500 Wp	6,000 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp	12,000 Wp	15,000 Wp
Max. input voltage ²	1,100 V					
Operating voltage range ³	140 V ~ 980 V					
Start-up voltage	200 V					
Rated input voltage	600 V					
Max. input current per MPPT	11 A					
Max. short-circuit current	15 A					
Number of MPP trackers	2					
Max. input number per MPP tracker	1					

Input (DC Battery)

Compatible Battery	HUAWEI Smart String ESS 5kWh ~ 30kWh					
Operating voltage range	600 V ~ 980 V					
Max operating current	16 A					
Max charge Power	10,000 W					
Max discharge Power	3,300 W	4,400 W	5,500 W	6,600 W	8,800 W	10,000 W

Output (On Grid)

Grid connection	Three-phase					
Rated output power	3,000 W	4,000 W	5,000 W	6,000 W	8,000 W	10,000 W
Max. apparent power	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA	8,800 VA	11,000 VA ⁴
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W / N+PE					
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz					
Max. output current	5.1 A	6.8 A	8.5 A	10.1 A	13.5 A	16.9 A
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging					
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %					

Output (Backup Power via Backup Box-B1)

Maximum apparent power	3,300 VA
Rated output voltage	220 V / 230 V
Maximum output current	15 A
Power factor range	0.8 leading ... 0.8 lagging

Features & Protections

Input-side disconnection device	Yes
Anti-Islanding protection	Yes
DC reverse polarity protection	Yes
Insulation monitoring	Yes
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11
Residual current monitoring	Yes
AC overcurrent protection	Yes
AC short-circuit protection	Yes
AC overvoltage protection	Yes
Arc fault protection	Yes
Ripple receiver control	Yes
Integrated PID recovery ⁵	Yes
Battery reverse charging from grid	Yes

General Data

Operating temperature range	-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Relative operating humidity	0 %RH ~ 100 %RH
Operating altitude	0 ~ 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Cooling	Natural convection
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar App
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE; 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Weight (incl. mounting bracket)	17 kg (37.5 lb)
Dimension (incl. mounting bracket)	525 x 470 x 146.5 mm (20.7 x 18.5 x 5.8 inch)
Degree of protection	IP65
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W ⁶

Optimizer Compatibility

DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P
------------------------------	----------------

Standard Compliance (more available upon request)

Certificate	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2, IEC 62116
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, NRS 097-2-1, IEC61727, IEC62116, DEWA

^{*1} Inverter max input PV power is 20,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

^{*2} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

^{*3} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

^{*4} C10 / 11: 10,000 VA

^{*5} SUN2000-3~10KTL-M1 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly).

^{*6} <10 W when PID recovery function is activated.

Version No.:04-(20201006)

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

3. melléklet

