

## **Светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане за зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация**

Енергийното съхранение в електромержите е главно предизвикателство за масовото навлизане на възобновяеми енергоизточници в тях. То е ключов фактор и за енергоикономичността и поддържането на приемливи пазарни цени за индустриалните и битовите електропотребители.

Проучванията показват, че производство на енергия кратковременно се увеличава с над 40% в сравнение с фиксираните панели. Този ефект се постига се, чрез оптимизация на ъгъла на панелите към слънцето: Системата непрекъснато регулира наклона и азимута на панела, като гарантира, че се улавя възможно най-високата интензивност на слънчевата светлина. Плоските рефлектори увеличават общата интензивност на слънчевата светлина (облъченост) върху фотоволтаичните панели, особено рано сутрин или късно

От патентен документ на САЩ WO2020041789 (A1) е позната фотоволтаична система с фиксирани плоски рефлектори. Но тя е ниско ефективна най-малко по две причини:

1. Не е предвидено рефлекторите да се позиционират по оптимален начин, спрямо слънцето в реално време и
2. Не е предвидено фотоволтаиците да се охлаждат по никакъв начин за увеличаване на ефективността им.

В разгледаните, и други подобни иновации, няма подвижни синергично функциониращи светлинни рефлектори, нито е предвидено фотоволтаиците циклично да се охлаждат в реално време.

От патентен документ на Канада CA2734912(A1) е позната система от фотоволтаични соларни панели с рефлектори. Тя включваща четириопорна восеща рамка (1), на която са монтирани по един соларен панел и един рефлектор, която позволява рамките да се монтират по люлеещ се начин, така че да се накланят около хоризонтални оси (успоредно на земята). Система с четири лостови механизми позволява рамките да се накланят по такъв начин, че соларните панели да са осветени от слънчева светлина през целия ден. Рефлекторът е правоъгълен плосък панел и има фиксиран, но оптимизиран ъгъл спрямо слънчевия панел, така че да може да се накланя заедно със слънчевия панел, отразявайки допълнителна

слънчева светлина върху него, като по този начин подобрява ефективността на системата на ниска цена.

От патентен документ на САЩ WO2009099571 (A2) е известна система и метод за подреждане на множество плоски отразяващи фасети около слънчеви клетки в слънчев панел, за да се увеличи количеството светлина, попадащо върху слънчевите клетки. Разглежданото изобретение, в предпочитано изпълнение, използва множество рефлекторни фасети, разположени така, че да образуват обърната пирамидална обвивка, където върхът на пирамидата е отстранен и заменен от слънчева клетка или панел. Съответно, всяка плоска отразяваща фасета има равнобедрен трапецовиден вид и има по-къса успоредна страна, разположена в съседство и под ъгъл от 120 градуса спрямо слънчевата клетка или. Описаната геометрия осигурява равномерно осветяване на слънчевата клетка, при условие че рефлекторът е приблизително със същата ширина като слънчевата клетка; такова равномерно осветяване може да бъде особено полезно за приложения за генериране на фотоволтаични панели.

Алтернативно изпълнение използва само три плоски отразяващи фасети, вместо четири, около стандартен слънчев панел. Плоските отразяващи фасети струват по-малко от слънчевите клетки или панели, така че използването на тези устройства намалява средната цена на слънчевата енергия, защото за огледалата не са необходими редкоземни материали.

Разгледаните технически решения не са ефективни, защото прегряват панелите и нямат охлаждане, нито оптимизационни системи за производство на фотоволтаичен ток.

## ТЕХНИЧЕСКА СЪЩНОСТ НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО

Задача на настоящото изобретение е да се обезпечи светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на X-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, която да преодолее недостатъците на известните технически решения, да е с ниска себестойност, да не прегрява панелите, които да пасивно охлаждае, за сметка на събирана нощна влага, нито оптимизационни системи за производство на фотоволтаичен ток и паралелно да работи като реверсивна буферна електростанция на електроенергийна система.

**Главните предимства** на светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, съгласно изобретението, е, че е с ниска себестойност и работи с допълнителна безплатна слънчева енергия, която се отразява от рефлекторите към фотоволтаичните панели. Х-образната стойка се преместват в реално време по команди от силовия оптимизационен блок, който получава сигнали от датчици и е програмиран с изкуствен интелект.

Главното енергийно предимство на светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация е предвиденото й автоматизираното охлаждане на панелите и на акумулаторните им батерии, което значително повишава ефективността им, особено в топлите и горещите дни и скъсява експлоатационния им срок.

Енергийно предимство на светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация са предвидените термопомпени агрегати за охлаждащите й системи, като и електрозахранването й от охлаждаемите фотоволтаици на рефлекторно светоусилената система, съгласно изобретението.

Високата енергийна ефективност на изобретената светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система е предимство, даващо възможности за масовото й приложение за автономно електрозахранване на отделни индустриални машини и инсталации за зеления преход, както и за битови приложения.

Електро-мрежово предимство на изобретената система е, че е конфигурирана да се монтира на специални секционирани авторемаркета за неравни терени и сезонно да се преместват в критични места на елмрежата.

Пиродосъобразно предимство на изобретената светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система е използването на рециклируеми материали за производство на нейни компоненти.

Инвестиционно предимство на изобретената светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система е използването на отразителите за различни съществени нейни функции, което

намалява материалоемкостта, съответно енергийните разходи за производството. Крайният предимство е ниската цена на началната инвестиция.

Предимство при масово производство на светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, съгласно изобретението, е ниската себестойност на съставните части на изобретената система, защото:

1. Х-образната стойка е стандартизирана.
2. Плоските рефлектори са в масово производство, примерно за огледални фасади, които са устойчиви на градушки и други атмосферни въздействия.
3. Фотоволтаичните панели са стандартно производство.
4. Влагоабсорбиращите гърбове на фотоволтаиците са също стандартни и нескъпи поръзани пено-полимерни материали.

## ПОЯСНЕНИЕ НА ПРИЛОЖЕНАТА ФИГУРА

Фигурата представлява илюстрация в профил на светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация,

## ПРИМЕР ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО

Схемата на фигурата е на примерно изпълнение на изобретението, с което далеч не се изчерпват вариантите приложения на изобретението.

Светоусилена електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация включва четириопорна носеща рамка 1, на която са монтирани по един соларен панел 2 и един рефлектор.

Характеризира се с това, че четириопорната носеща рамка 1 е двустранна Х-образна, състояща се от две по две успоредни наклонени опори 4,5, на слънцеогрятата ѝ страна 6, е монтиран

соларният панел 2, към гръбната му повърхност е фиксиран влагоабсорбатор за събиране на естествена атмосферна вода 7, а на противоположната страна на рамката 8, срещу слънцеогрятата ѝ страна 6, е монтиран рефлектора 3, като четириопорната носеща рамка 1 има централен едноосен ротационен шарнир 9 на Х-връзката между двете ѝ кръстосани опори 4,5, а в долната част на първа опора на рамката 4, през два първи едноосни ротационни шарнири 10, са монтирани, съответно две първи пети 11, на втора опора на рамката 1, през два втори едноосни ротационни шарнири 12, са монтирани, съответно две втори пети 13, вертикално под всяка от четирите пети 11, 13 са монтирани вертикални подтеренни тръби 14, като централният едноосен ротационен шарнир 9, двата първи едноосни ротационни шарнири 10 и двата втори едноосни ротационни шарнири 12 са с вградени електрически ротационни задвижки 15, а изпълнителен вход на всяка от тях е свързан със съответните изпълнителни изходи от силов оптимизационен блок 16, чиито първи сигнален вход е свързан със сигнален извод от комбиниран климатичен датчик 17, втори сигнален вход е свързан със сигнален извод от комбиниран електрически датчик 18, трети сигнален вход е свързан със сигнален извод от комбиниран датчик за температура на повърхността на фотоволтаичния панел 19, четвърти сигнален вход е свързан със сигнален извод от датчик за зенитното движение на слънцето 20, при което софтуерът на силовия оптимизационен блок 16 включва изкуствен интелект.

Четириопорните носещи рамки 1 са множество еднакви конструкции, монтирани в редици.

Вградените електрически ротационни задвижки 15 на централния едноосен ротационен шарнир 9, на двата първи едноосни ротационни шарнири 10 и на двата втори едноосни ротационни шарнири 12 са стъпкови реверсивни електромотори.

Влагоабсорбаторът за абсорбиране на атмосферна вода 7 е от микропорест материал за многократна употреба.

Комуникационните връзки на силовия оптимизационен блок 16 с вградените електрически ротационни задвижки 15 и датчиците 17, 18, 19 и 20 са безжични.

Рефлекторите 3 са с многократно рециклируеми полиетиленови основи, покрити с тънък слой бляскав алуминий.

Соларният панел 2 е от монокристален силиций.

Шарнирите 9, 10 и 12 са еднакви.

Соларните панели 2 и рефлекторите 3 са правоъгълни.

Соларните панели 2 и рефлекторите 3 са с еднакви план-форми. Силовият оптимизационен блок 16 включва електронно записващо устройство на всички ретроспективни данни от собствената си техническа история 21.

Софтуерът на силвия оптимизационен блок 16 има самообучителни функции на база натрупаните ретроспективни данни в записващото електронно устройство от пълната си собствена техническа история 21.

Електрически извод от силвия оптимизационен блок 16, през интелигентен ревересивен контролер 22, е свързан с буферна акумулаторна батерия 23, която е присъединена, през двупосочен интелигентен инверторен електрически блок 24, към публична електрическа мрежа.

Буферната акумулаторна батерия 23 е многократно зареждаема  
Буферната акумулаторна батерия 23 е с автоматизиран активен охлаждащ агрегат 25 с термопомпени системи.

Буферната акумулаторна батерия 23 е съставена от литиево-йонни ферополимерни ( $\text{LiFePO}_4$ ) реверсивни акумулатори.

Буферната акумулаторна батерия 23 е с реверсивни високо волтови акумулаторни батерии.

Буферната акумулаторна батерия 23 е подредена и монтирана в конструктивно усилен стандартни товарни контейнери 26, монтирани един върху друг.

Конструктивно усилените стандартни товарни контейнери са с външни преместваеми асансьори 27.

На покривите на конструктивно усилените стандартни товарни контейнери са монтирани светоусилени фотоволтаици 28.

На двускатни покриви на всеки от стандартните товарни контейнери са монтирани соларни панели 2 с рефлектори 3, а самите стандартни контейнери са подвижно монтирани на повърхностни, невкопани в терена, бетонни фундаменти 29.

Множество еднакви стандартни товарни контейнери 26 са монтирани в редици, благоприятно ориентирани към слънцето със слънцеогрятата си страна 6.

Множество еднакви стандартни товарни контейнери може да са монтирани върху авторемаркета.

Авторемаркетата може да са секционирани с надлъжно усукващо се окачване между секциите за адаптиране към неравни терени.

## ИЗПОЛЗВАНЕ НА ИЗОБРЕТЕНИЕТО

Светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, съгласно изобретението, функционира с едновременно използване на преките и отразените слънчеви лъчи в една синергична Х-образна конструкция.

Принципът на работа на влагоабсорбатора 7 за събиране на атмосферна вода е цикличен и функционира пасивно:

А. При повишена влажност на въздуха и при валежи той поглъща вода. Също нощем и рано сутрин.

Б. Денем, когато фотоволтаикът генерира електричество, то се усилва, чрез оптимални наклони на соларния панел 2 и рефлектора му 3, което в стйва в реално време по команди от силовия оптимизационен блок, който получава сигнали от датчици и е програмиран с изкуствен интелект.

В. При силен вятър соларния панел 2 и рефлектора му 3 автоматично се препозиционшрот в хоржзжвнолнж пжлжжени за минимален ветрови натиск върху тях.

Електрозахранването на термopомпено охлаждаемите акумулатори 23 и фотоволтаици 2 на рефлекторно светоусилената система, съгласно изобретението, е енергоикономично, дължащо се на ползването на самата светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система.

Светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлектори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, съгласно изобретението, може да се експлоатира само като буферна електроенергийна станция на електромержата, без да захранва конкретен консуматор на място. В този случай тя може да обслужва интелигентна енергийна мрежа като зарежда акумулаторите от фотоволтаиците през деня и от нощни излишъци в мрежата и да отдава акумулирана енергия за покриване на върхови товари в мрежата.

## ТЕХНИЧЕСКО НОУ-ХАУ

Акумулаторните батерии за съхранение на енергия сега основно са литиево-йонни ферополимерни ( $\text{LiFePO}_4$ ). Те предлагат висока ефективност, дълъг живот и гъвкавост. Осигуряват стабилност за възобновяеми източници и резервно захранване за електроенергийните мрежи в часовете на пикова консумация.

Ключовите по-нови технически решения включват високо волтови акумулаторни батерии системи (напр. Dyness, Deye). Те не се нуждаят от свързващи кабели с големи сечения, именно заради повишеното им напрежение. Също така, те са с по-ниски собствени енергийни загуби, заради по-малките токове в тях, при съизмерим капацитет за съхранение на енергия. Техен недостатък е малко по-големите им габарити, заради повишената дебелина на изолациите на високо волтовите им акумулатори. Затова за тях се предвижда вертикален монтаж, който заема по-малко терен и благоприятства естествено им охлаждане, или изпорзване на стандартните контейнери за акумулатори, но построени на няколко етажа. Това затруднява експлоатацията им. Но вместо да се правят стълби може да се ползват преместваеми външни асансьори. Включително и товарни такива за подмяна на акумулаторите в контейнерите. Външни асансьори могат да бъдат електрически или със собствени двигатели с вътрешно горене.

Независимо от различните акумулатори и логистиката за подмяната им, те работят винаги в он-лайн режим и се загряват над допустимите параметри. Затова за тях използваме различни начини за охлаждането им. Енергоикономичното им охлаждане включва термopомпени системи. Препоръчително е необходимата електроенергия за тях да се генерира от пасивно охлаждаеми светoусилени фотоволтаици, включително и върху контейнерите.

На покривите на стандартните товарни контейнери са монтирани светoусилени фотоволтаици за електрозахранване на термopомпените им климатични системи.

Стандартните товарни контейнери са предвидени за мобилен монтаж върху ремаркета, с оглед сезонното преместване в различни места с оглед нуждите на електрическата мрежа.

## ПАТЕНТНО НОУ-ХАУ

1. Нощна фаза (Адсорбция): По време на хладните нощни часове, специален хигроскопичен материал (като хидрогел, метал-органични

структури - MOF или десиканти като  $\text{CaCl}_2$ ), поставен на гърба на панела, спонтанно абсорбира водна пара от влажния въздух.

2. Дневна фаза (Изпарително охлаждане): С изгряването на слънцето и нагряването на PV клетките, натрупаната вода започва да се изпарява (десорбира). Този процес извлича латентна топлина от панела, поддържайки го в охладено състояние.

Патентното технологично ноу-хау за реализацията на изобретението е изчерпателно описано в 24 патентни претенции.

### СОФТУЕРНО НОУ-ХАУ С ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

Изкуственият интелект се обучава, използвайки собствени ретроспективни данни. Той работи, като ги анализира и търси модели, от които може да направи изводи. По същество той се научава да попълва празните места и да оптимизира алгоритъма за действие на автоматично управляваната от него система. Специално сме разработили хибридни софтуерни системи, които включват, както конвенционални софтуери, така и експертни системи с изкуствен интелект. Специално сме разработили хибридни софтуерни системи, които включват, както конвенционални софтуери, така и експертни системи с изкуствен интелект.

Софтуерното ноу-хау е оптималното управление на системата с нейния хибриден софтуер, в който е интегриран изкуствен интелект.

За оптимална работа на системата, съгласно изобретението, са предвидени различни стратегии, които са разпределени в съответни пакети програми. Те са инсталирани в хардуера на оптимизиращия управленски блок 16. Той функционира с хибридният софтуер в реално време, според сигналите от датчиците 17, 18, 19 и 20 и 12. Обратната връзка към оптимизиращия управленски блок 16, се получава, чрез сигналите от датчиците. Това е една от функциите на изкуствения интелект.

Фактическото вземане на техническите решения за работата на системата, съгласно изобретението, се реализира он-лайн, чрез съответните функционални алгоритми. За функционалните алгоритми изготвихме базите с правила, които са неразделна част от всеки изкуствен интелект. Събраните бази с данни, факти и правила, заедно се запазват в електронното записващо устройство 21, където се интегрират с всички ретроспективни данни от собствената си техническа история, от чиито натрупан опит се извличат актуализирани правила, с което системата непрекъснато, не само се

самообучава, но и се само актуализира с новоразширените бази правила, които непрекъснато се увеличават с натрупания опит. Те са неразделна част от алгоритмичното проектиране на технико-технологична експертна система за автоматична работа в реално време на системата, съгласно изобретението.

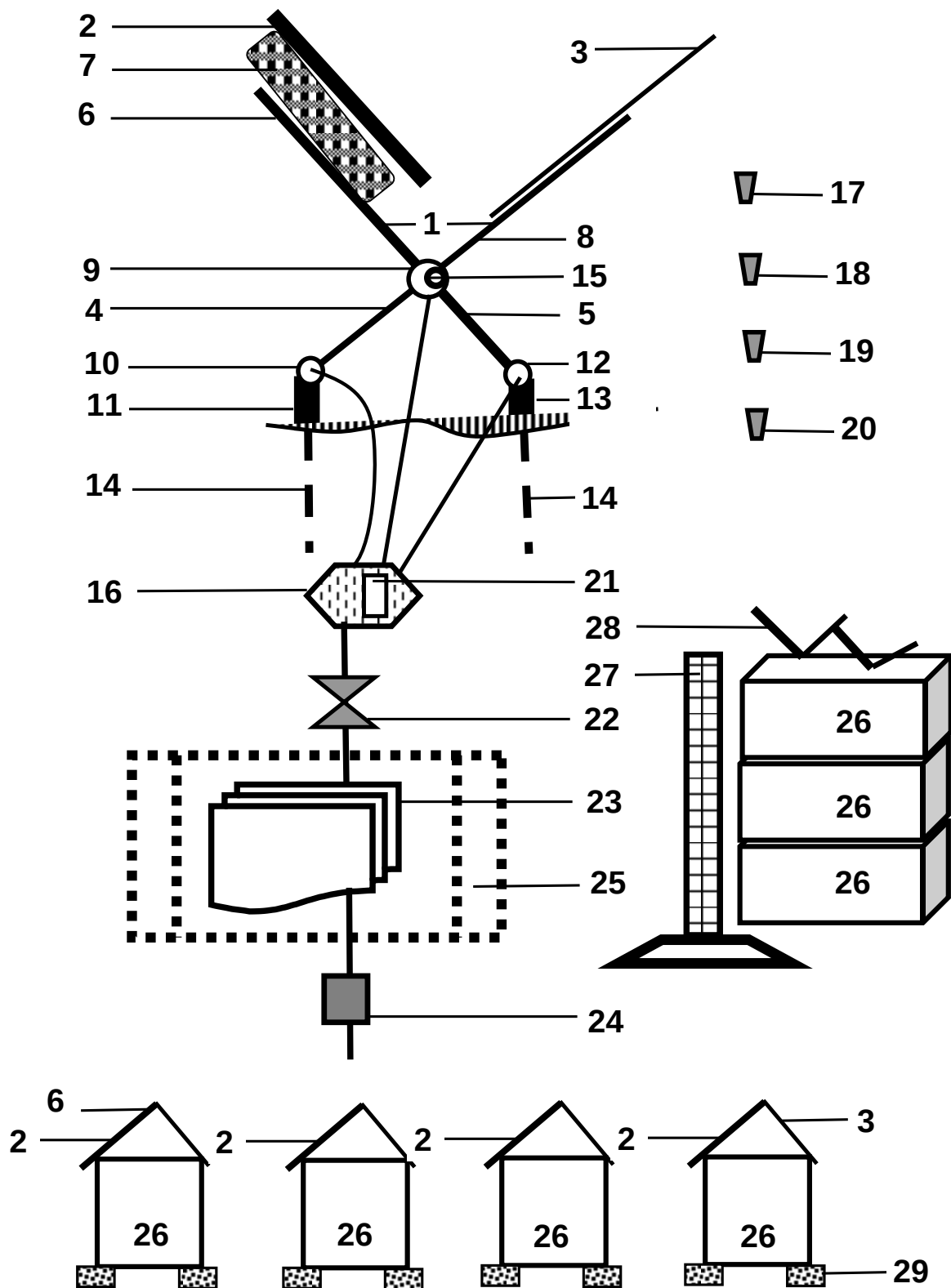
Управленският експертен софтуер е разработен и изпълнен с помощта на обектно ориентиран алгоритмичен език, съдържащ собствен механизъм на умозаклученията за автоматично вземане и изпълнение на решения в реално време.

Изготвеният софтуер, с който е програмиран блок 16, самостоятелно генерира решенията за оптималната работа на системата в нормални и аварийни режими.

Акумулаторната група 22 е буферна за електрическата система, към която е свързана. Тя се зарежда от генерираните излишъци от фотоволтаично електричество и се разрежда обратно в публичната електромержа, когато в нея има дефицит.

От многобройните компютърни симулации и изпитания в реални условия постигнахме ноу-хау за оразмеряване на основните елементи на системата, съгласно изобретението, и натрупахме необходимото проектантско ноу-хау.

Светоусилената електроакумулаторна енерго-буферна система от фотоволтаични панели с плоски рефлексори на Х-образна стойка с пасивно водно охлаждане със зенитно проследяване на слънцето за оптимална електрогенерация, съгласно изобретението, е съставена от познати части на пазара, които се изпълняват по известни технологии. Затова нейната индустриална приложимост и поддръжката ѝ не представляват трудност.



## **The light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system made of photovoltaic panels with flat reflectors on an X-shaped stand, featuring passive water cooling and zenith solar tracking for optimal power generations**

### **SUMMARY**

The main energy advantage of the light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system made of photovoltaic panels with flat reflectors on an X-shaped stand, featuring passive water cooling and zenith solar tracking for optimal power generation, is its built-in automated cooling of the panels and their accumulator batteries. This significantly increases their efficiency, especially in warm and hot days, and shortens their operational life cycle.

An additional energy advantage of the light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system of photovoltaic panels with flat reflectors on an X-shaped stand with passive water cooling and zenith solar tracking is the inclusion of heat-pump units for the cooling systems, as well as the system's electric supply coming from the cooled photovoltaic modules of the reflector-based light-enhanced system, according to the invention.

The high energy efficiency of the invented light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system is an advantage that enables its wide-scale application for autonomous power supply of individual industrial machines and installations used in the green transition, as well as for household applications.

A nature-friendly advantage of the invented light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system is the use of recyclable materials for the production of its components.

An investment advantage of the invented system is the multi-functional use of the reflectors, which reduces material consumption and therefore the energy required for manufacturing. The final benefit is the low cost of the initial investment.

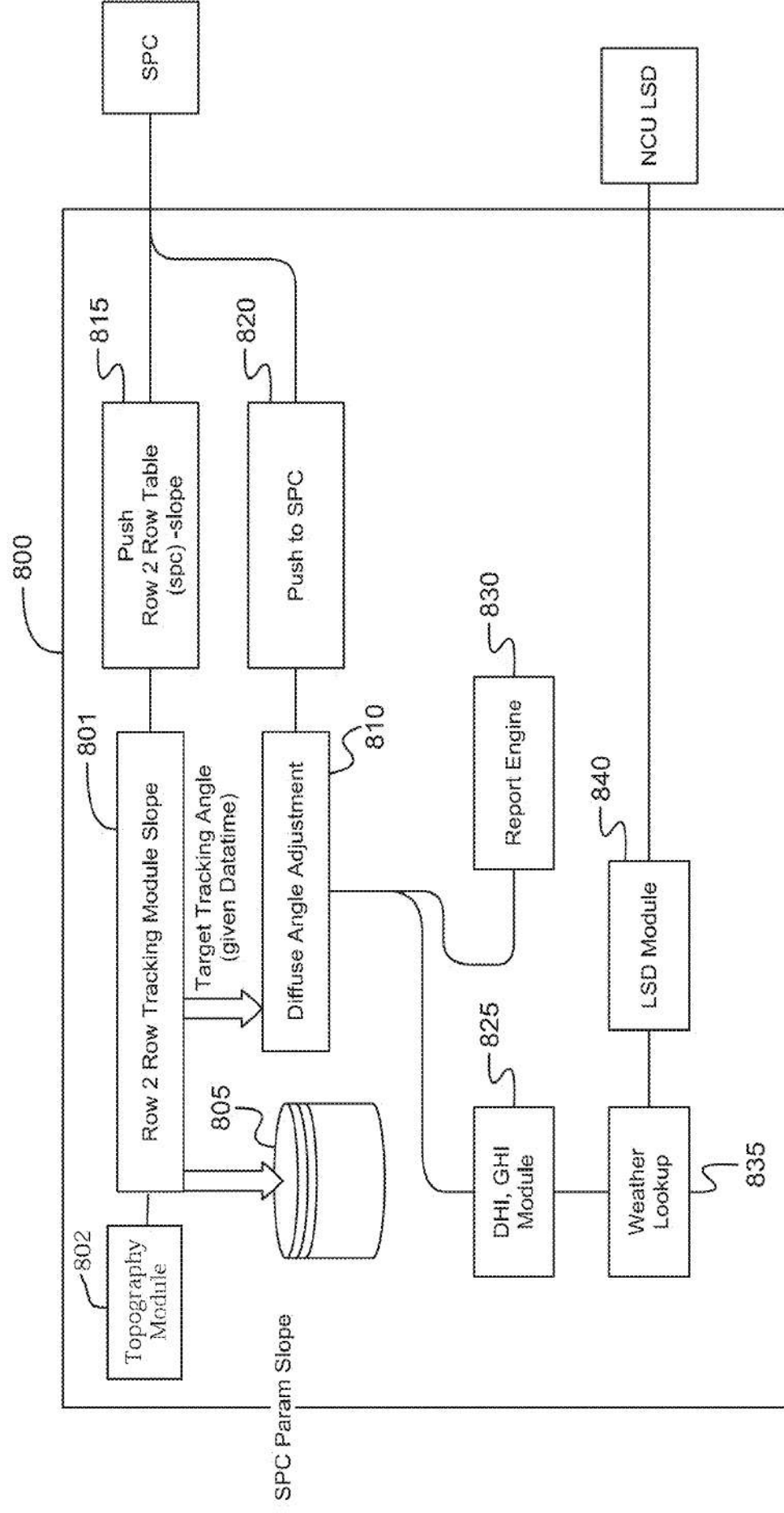
A production-related advantage of mass-producing the light-enhanced electro-accumulator energy-buffer system of photovoltaic panels with flat reflectors on an X-shaped stand with passive water cooling and zenith solar tracking, according to the invention, is the low cost of the system's components, because:

The X-shaped stand is standardized.

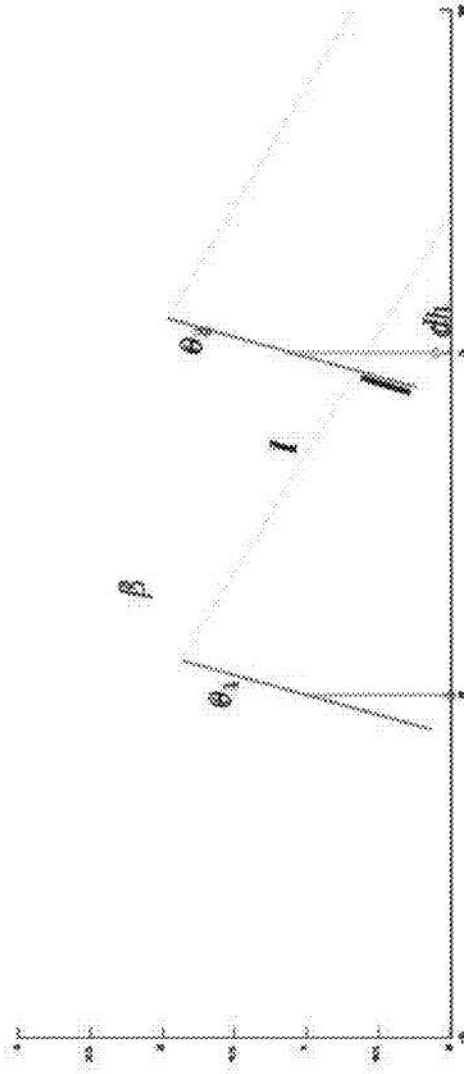
The flat reflectors are mass-produced, for example for mirrored facades, and are resistant to hail and other weather conditions.

The photovoltaic panels are standard commercial products.

The moisture-absorbing backs of the photovoltaic modules are also standard and inexpensive porous foam-polymer materials.



**Fig. 8**



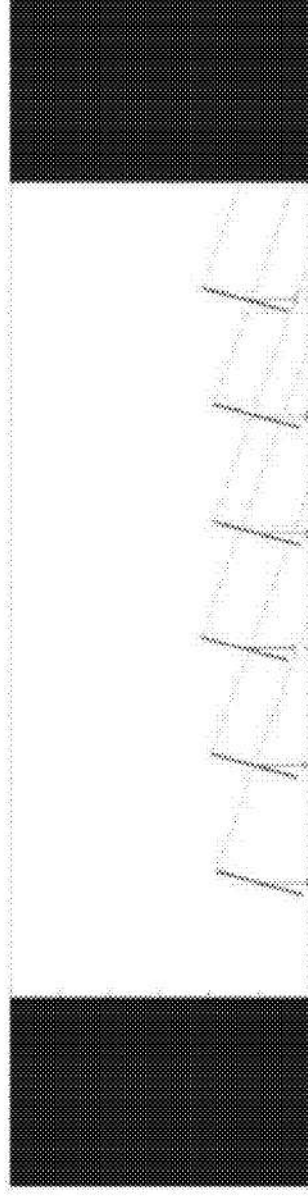
Using Simple Trigonometric

$$f(\theta_1, \theta_2, \beta, l, dh) = 0$$

Therefore if we measure  $\beta$  when the  $l=0$ , by knowing the two panel positions we can solve for  $dh$

**Fig. 11**

Using the other side: improve accuracy



The final event list (in degree)

$\beta$ -event1 (morning): [NaN 67.85 69.05 63.65 66.60 69.30]

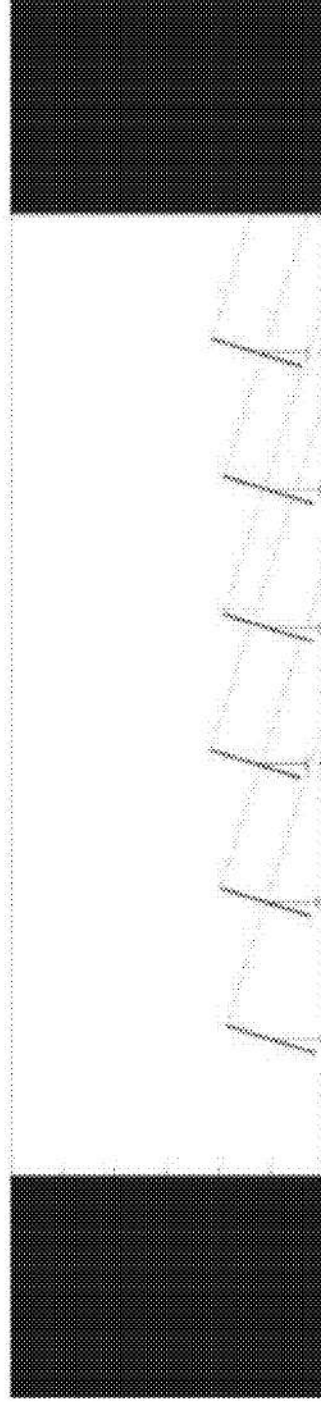
$\beta$ -event2 (afternoon): [-65.40 -64.25 -69.70 -66.60 -64.00 NaN]

(DH\_est1+DH\_est1)/2=[0.1038 0.2006 -0.2492 0.0011 0.2206]

Original DH=[1, 0.2, -0.25, 0, 0.22]

**Fig. 13**

Using the other side: reconstruct the order



Assuming the reading is as follows: `spc_j` in physical position

```
[6 3 4 1 2 5]
```

The final event list (in degree)

$\beta$ -event1 (morning): : [63.65 66.60 67.85 69.05 69.30 NaN]

$\beta$ -event2 (afternoon): [-66.60 -64.00 -64.25 -69.70 NaN -65.40]

Then we have:

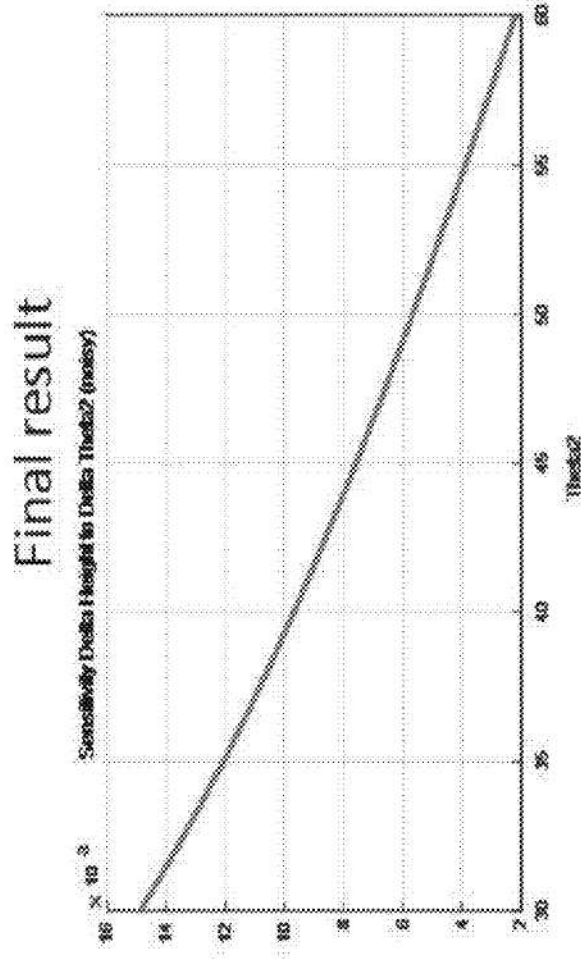
DH\_est1=[-0.2492 0.0011 0.1038 0.2006 0.2206 NaN]

DH\_est\_2=[0.0011 0.2189 0.1973 -0.2524 NaN 0.0993]

(Can reconstruct order by depth-first search & match algorithm -- implemented in Matlab)

Reconstructed order: [6 3 4 1 2 5]

**Fig. 14**



With Theta2 in the range of 60deg,

Value:  $\sim 0.002 \rightarrow$  1 deg error in Theta 2 corresponds to 2 mm error in dh estimation error

Fig. 23