

**RECEPȚIONAT**

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

**AVIZAT**

Secția AȘM \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

**RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL**

**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)**

„Soluții tehnice ecoinovative de eficientizare a consumului de energie în clădiri și  
elaborarea opțiunilor de dezvoltare a rețelelor inteligente cu integrare avansată a  
energiei regenerabile în Moldova (SINERGIE), 20.80009.7007.18

Prioritatea Strategică Mediu și schimbări climatice

Conducătorul proiectului

TÎRȘU Mihai

Directorul organizației

TÎRȘU Mihai

Consiliul științific/Senatul

TÎRȘU Mihai



Chișinău 2021

## 1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Elaborare soluții tehnice, concepte de realizare a mostrelor, fabricare a componentelor separate, scenarii de integrare a SER și analiza capacității de plată a consumatorilor, concepte de rețele inteligente

## 2. Obiectivele etapei anuale

1. Cercetarea complexă a soluțiilor tehnice elaborate ale instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție în baza modelelor virtuale de simulare pentru regim de mers în gol și sarcină nominală.
2. Cercetarea posibilităților de utilizare a instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție pentru simetrizarea regimului de funcționare.
3. Identificarea în valoarea Pragului sărăciei absolute (PSA) a cheltuielilor pentru prestarea serviciului de energie electrică, precum și a impactului variației tarifului la energia electrică asupra capacității de plată a populației sărace.
4. Identificarea alocărilor pentru consumatorii aflați sub Pragul sărăciei absolute în condițiile promovării la diferit grad a surselor regenerabile de energie (SRE) în sistemul electroenergetic național.
3. Elaborarea schemei funcționale a standului de testare a pompei de căldură și montarea parțială a componentelor mostrei pompei de căldură pe stand, precum și testarea acestora.
4. Dezvoltarea unui sistem informațional de control a proceselor termodinamice și hidraulice privind conectarea schimbătoarelor de căldură cu suprafață variabilă la sistemul centralizat de încălzire.
5. Studierea tehnologiilor stocării energiei termice.
6. Cercetarea fezabilității sporirii eficienței energetice a clădirilor folosind acumulatele de căldură.
7. Determinarea structurii optime pentru acoperirea cererii de energie a mun. Chișinău din Republica Moldova până în 2050, în particular sectorul clădiri.
8. Determinarea costurilor și resursele necesare pentru fiecare scenariu în parte, pentru sectorul clădiri, consumul specific, volumul și costul energiei, etc.
9. Analiza impactului surselor de generare distribuită asupra pierderilor de tensiune, pierderilor de putere și calității energiei electrice;
10. Determinarea puterilor limită tranzitate de la bornele surselor distribuite către barele coborâtoare ale stațiilor electrice.
11. Cercetarea fezabilității utilizării sistemelor de stocare a energiei electrice;
12. Analiza regimurilor de funcționare ale sistemului electroenergetic a Republicii Moldova în prezența surselor distribuite de energie electrică.

## 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Elaborarea programelor de calcul experimentale (de încercări) pentru fiecare variantă a instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție.
2. Realizarea cercetărilor asupra soluțiilor tehnice elaborate ale instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție pentru regimul de mers în gol și verificarea corespunderii treptelor de reglare a cheilor electronice de putere cu cele setate.
3. Cercetarea instalațiilor în regim de sarcină nominală și determinarea parametrilor de scurtcircuit pentru sarcină activă și activ-inductivă. Determinarea caracteristicilor de modificare a parametrilor de regim în funcție de poziția de comutare a cheilor electronice de putere.
4. Cercetarea și evaluarea eficienței utilizării soluțiilor tehnice propuse pentru instalațiile de

dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice în scopul simetrizării parametrilor de regim a rețelelor.

5. Selectarea soluției tehnice optimale de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice pentru modelarea fizică.

6. Identificarea problemei privind determinarea capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.

7. Documentări pe marginea metodologiilor aplicate la studierea sărăciei și elaborarea metodologiei pentru determinarea capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.

8. Identificarea componentelor modelului de calcul și a structurii și surselor de date pentru fiecare componentă a modelului.

9. Descrierea matematică a parametrilor de calcul, elaborarea modelului în format Excel, efectuarea calculului și analiza rezultatelor privind capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.

10. Elaborarea schemelor funcționale și hidraulice a instalației experimentale pentru cercetarea caracteristicilor tehnice ale schimbătoarelor de căldură de tip: țevi și manta, cu serpentină și manta și suprafață variabilă de schimb de căldură.

11. Elaborarea sistemului de reglare a suprafeței de schimb de căldură a schimbătoarelor de tip orizontal și vertical.

12. Elaborarea algoritmilor și soft-ului aplicativ pentru culegerea informației, prelucrarea acesteia și controlul echipamentului instalației experimentale.

13. Fabricarea standului experimental (parțial) și a sistemului informațional.

14. Elaborarea programului și metodologiei de încercare a instalației experimentale.

15. Studiul tehnologiilor de ultimă generație existentă a acumulatorilor de căldură de tip groapă și rezervor pentru stocarea sezonieră a energiei termice.

16. Determinarea tipului de acumulator fezabil pentru Republica Moldova.

17. Determinarea parametrilor de bază pentru elementele structurale a Acumulatorului de Energie Termică de tip Rezervor (RAET) și Acumulatorului de Energie Termică de tip Groapă (GAET).

18. Studiul și analiza instrumentelor computerizate (naționale și UE) pentru elaborarea scenariilor - programe de calcul TIMES, MESSAGE, WASP, MAED etc.

19. Studiul de domeniu și analiza consumului de resurse energetice în or. Chișinău

20. Analiza barierelor de eficientizare a consumului de energie în clădirile din Chișinău și posibilele scenarii către 2050.

21. Scenarii de îmbunătățire a performanței energetice a clădirilor din Chișinău către 2050

22. Identificarea publicațiilor științifice, rapoartelor, normativelor, brevetelor consacrate problemelor surselor de generare distribuită a energiei electrice și metodelor de amplasare a acestora în rețelele electrice.

23. Calculul și analiza regimurilor permanente de funcționare ale rețelelor electrice în prezența surselor distribuite.

24. Analiza influenței surselor distribuite asupra pierderilor de tensiune, pierderilor de putere, calității energiei electrice, puterii limită tranzitată de la barele sursei către bornele consumatorului.

25. Analiza metodele de amplasare a surselor distribuite în rețelele electrice și de repartizare a pierderilor de putere între participanții la piața energiei electrice.

26. Elaborarea metodelor de amplasare a surselor distribuite în nodurile rețelei electrice precum și de repartizare a pierderilor de putere între participanții la piața energiei electrice;

27. Analiza fezabilității utilizării sistemelor de stocare a energiei electrice.

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

1. Elaborarea programelor de calcul experimentale (de încercări) pentru fiecare variantă a instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție.
2. Realizarea cercetărilor asupra soluțiilor tehnice elaborate ale instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție pentru regimul de mers în gol și verificarea corespunderii treptelor de reglare a cheilor electronice de putere cu cele setate.
3. Cercetarea instalațiilor în regim de sarcină nominală și determinarea parametrilor de scurtcircuit pentru sarcină activă și activ-inductivă. Determinarea caracteristicilor de modificare a parametrilor de regim în funcție de poziția de comutare a cheilor electronice de putere.
4. Cercetarea și evaluarea eficienței utilizării soluțiilor tehnice propuse pentru instalațiile de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice în scopul simetrizării parametrilor de regim a rețelelor.
5. Selectarea soluției tehnice optime de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice pentru modelarea fizică.
6. Identificarea problemei privind determinarea capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.
7. Documentări pe marginea metodologiilor aplicate la studierea sărăciei și elaborarea metodologiei pentru determinarea capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.
8. Identificarea componentelor modelului de calcul și a structurii și surselor de date pentru fiecare componentă a modelului.
9. Descrierea matematică a parametrilor de calcul, elaborarea modelului în format Excel, efectuarea calculelor și analiza rezultatelor privind capacității de plată a consumatorilor de energie electrică.
10. Elaborarea schemelor funcționale și hidraulice a instalației experimentale pentru cercetarea caracteristicilor tehnice ale schimbătoarelor de căldură de tip: țevi și manta, cu serpentină și manta și suprafață variabilă de schimb de căldură.
11. Elaborarea sistemului de reglare a suprafeței de schimb de căldură a schimbătoarelor de tip orizontal și vertical.
12. Elaborarea algoritmilor și soft-ului aplicativ pentru culegerea informației, prelucrarea acesteia și controlul echipamentului instalației experimentale.
13. Fabricarea standului experimental (parțial) și a sistemului informațional.
14. Elaborarea programului și metodologiei de încercare a instalației experimentale.
15. Studiul tehnologiilor de ultimă generație existentă a acumuloarelor de căldură de tip groapă și rezervor pentru stocarea sezonieră a energiei termice.
16. Determinarea tipului de acumulator fezabil pentru Republica Moldova.
17. Determinarea parametrilor de bază pentru elementele structurale a Acumulatorului de Energie Termică de tip Rezervor (RAET) și Acumulatorului de Energie Termică de tip Groapă (GAET).
18. Studiul și analiza instrumentelor computerizate (naționale și UE) pentru elaborarea scenariilor - programe de calcul TIMES, MESSAGE, WASP, MAED etc.
19. Studiul de domeniu și analiza consumului de resurse energetice în or. Chișinău
20. Analiza barierelor de eficientizare a consumului de energie în clădirile din Chișinău și posibilele scenarii către 2050.
21. Scenarii de îmbunătățire a performanței energetice a clădirilor din Chișinău către 2050

22. Identificarea publicațiilor științifice, rapoartelor, normativelor, brevetelor consacrate problemelor surselor de generare distribuită a energiei electrice și metodelor de amplasare a acestora în rețelele electrice.

23. Calculul și analiza regimurilor permanente de funcționare ale rețelelor electrice în prezența surselor distribuite.

24. Analiza influenței surselor distribuite asupra pierderilor de tensiune, pierderilor de putere, calității energiei electrice, puterii limită tranzitată de la barele sursei către bornele consumatorului.

25. Analiza metodele de amplasare a surselor distribuite în rețelele electrice și de repartizare a pierderilor de putere între participanții la piața energiei electrice.

26. Elaborarea metodelor de amplasare a surselor distribuite în nodurile rețelei electrice precum și de repartizare a pierderilor de putere între participanții la piața energiei electrice;

27. Analiza fezabilității utilizării sistemelor de stocare a energiei electrice.

## 5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini)

Pentru fiecare **soluție tehnică elaborată a instalației de dirijare cu regimurile rețelelor** de transport și distribuție a energiei electrice a fost realizată programul de calcule experimentale (încercări). În urma calculelor experimentale au fost construite diagramele vectoriale și s-au obținut relațiile de calcul, care caracterizează parametrii de regim a instalațiilor la funcționarea acestora în diferite zone de reglare.

Pentru soluțiile tehnice propuse ale instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice au fost realizate cercetări pentru regimurile de mers în gol și s-a realizat verificarea corectitudinii funcționării algoritmului de dirijare cu cheile electronice de putere în procesul realizării reglării. Au fost determinați parametrii schemei echivalente a instalației în regimul de mers în gol.

De asemenea, pentru soluțiile tehnice propuse ale instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice au fost realizate cercetări în regim de sarcină și au fost determinați parametrii în regim de scurtcircuit și sarcină activ-inductivă. Au fost construite caracteristicile de variație a parametrilor de regim în regim de sarcină.

Instalația de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice a fost testată în regim de simetrizare a tensiunii de ieșire pe fiecare fază după modul și unghi. În rezultatul testărilor a fost demonstrată eficiența utilizării acestor tipuri de instalații de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice în scopuri de acest gen.

Au fost calculate puterile tipice (nominale) a instalațiilor de dirijare cu regimurile rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice cercetate. S-a demonstrat, că aceste instalații realizate după schema „stea” cu reglare în „zigzag” posedă o putere instalată mai mică, dar și necesită o putere mai mică pentru sistemul de reglare și poate fi recomandată pentru realizarea modelului fizic (mostrei) în scopul realizării testărilor ulterioare practice.

Ca urmare a studierii **capacității de plată a consumatorilor de energie electrică** în condițiile promovării avansate a surselor regenerabile de energie (SER) pentru acoperirea cererii de energie s-a determinat, că energia electrică medie consumată de o persoană pe lună în cadrul modelului Pragul sărăciei absolute (PSA) constituie în perioada până în 2035: în scenariul liniei de bază: 6,1 – 3,6; OPTIMIST – 1: 6,0 – 3,0; OPTIMIST – 2: 6,0 – 2,6 kWh.

Promovarea scenariului de acoperire a cererii de energie electrică în baza conceptului 100% SER nu duce la îndemnizații însemnate pentru menținerea ratei și pragului sărăciei absolute

așteptat în scenariul liniei de bază, corespunzător păstrării pe viitor a prețului la energia din import la nivelul înregistrat curent. Astfel, creșterea individuală a indemnizației variază între 0.1-4.4 lei/persoană săracă în scenariul Optimist-1 și 0.1-4.2 lei/persoană în scenariul Optimist-2, în dependență de anul examinat din șirul 2021-2035, precum și prețul la energia electrică produsă de combinația de surse SE+SF+TG (surse eoliene, surse fotovoltaice, turbine pe gaze), maximul fiind așteptat la începutul perioadei examinate, precum și la prețul de 10 cenți/kWh pentru energia produsă din sursele menționate. În ce privește indemnizația pentru întreaga țară, aceasta variază între 496.6 – 2957.5 mii lei/an în scenariul Optimist-1 și 55.5 – 2862.1 mii lei/an în scenariul Optimist – 2. Adică, indemnizația maximă pe țară pentru asigurarea nedepășirii ratei sărăciei absolute în urma promovării scenariului 100% SER nu depășește 3 milioane lei pe an în condițiile unui preț la energia produsă de SE+SF+TG de maxim 10 cenți/kWh, ceea ce reprezintă o cifră nesemnificativă pentru bugetul statului. La un preț respectiv de 6 cenți/kWh indemnizația anuală maximă nu depășește 600 mii lei.

Pe direcția realizării **pompei de căldură hibride** pe parcursul anului 2021 a fost realizată instalația experimentală care este compusă din două schimbătoare de căldură, legate cu sistemul hidraulic și înzestrată cu sistem informațional.

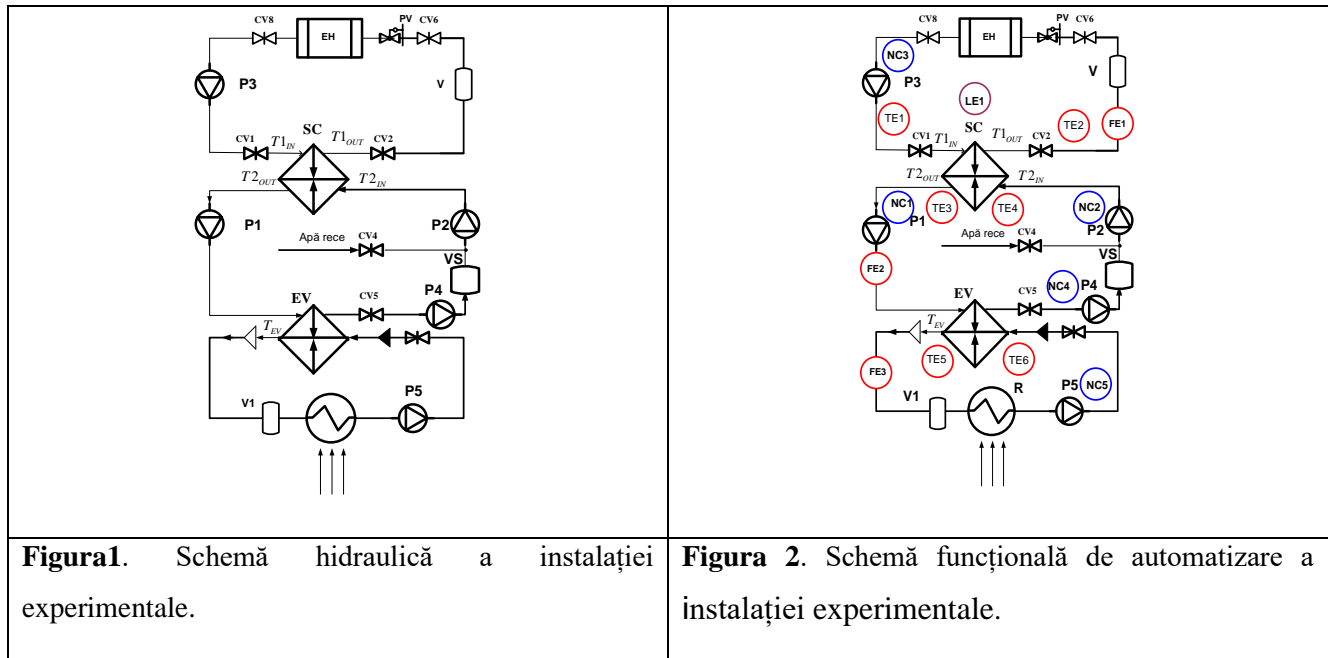
Destinația primului schimbător de căldură este de a simula nodurile circuitului hidraulic a transferului de căldură de la apa caldă de retur din cadrul sistemului centralizat de încălzire către pompa de căldură. Schimbătorul de căldură a fost realizat pentru a asigura transferul de căldură de la rețeaua centralizată (cu temperatură variabilă) către pompa de căldură. Această temperatură este mult mai mare decât temperatura admisă de evaporizatorul pompei de căldură.

Al doilea schimbător de căldură simulează evaporizatorul pompei de căldură și, de asemenea, este adaptat pentru a putea transfera puterea termică variabilă la un debit constant de agent frigorific (dioxid de carbon).

Designul instalației experimentale oferă posibilitatea de a regla suprafața de schimb de căldură a schimbătoarelor de căldură, în funcție de modul de lucru al sistemului de alimentare centralizat cu căldură. Instalația experimentală are o conexiune cu sistemul informațional, în scopul înregistrării parametrilor regimurilor de funcționare ale schimbătoarelor de căldură și sistemului hidraulic.

Schema circuitului hidraulic este prezentată în figura 1, iar circuitul funcțional de automatizare a instalației experimentale este prezentat în figura 2.

Instalația experimentală este formată din trei bucle. Prima buclă este formată dintr-un încălzitor de apă instantaneu, o pompă de circulație, un rezervor de expansiune intermediar și un schimbător de căldură cu tub și manta. Scopul primei bucle este de a ceda puterea termică variabilă pentru alimentarea schimbătorului de căldură de tip serpentină și manta. A doua buclă este formată din circuitul secundar al schimbătorului de căldură cu țevi și manta și circuitul primar al schimbătorului de căldură cu serpentină și manta, conectate între ele prin pompe și un rezervor de separare. Aria suprafeței de schimb de căldură din schimbătorul de căldură cu tub și manta este reglată prin intermediul pompei P2, iar suprafața schimbătorului de căldură cu tub și manta este reglată prin intermediul pompei P4. Al treilea circuit este format din circuitul secundar al schimbătorului de căldură cu serpentina și manta, pompa P5 și schimbătoarele de căldură de tip aer-lichid. Acest circuit este conceput pentru a simula funcționarea evaporizatorului pompei de căldură. Schema funcțională de mai jos prezintă senzorii de nivelul LE, senzorii de temperatură TE, senzorii de debit FE și invertoarele NE.



Deoarece există o dependență directă între nivelul apei în schimbătorul de căldură și suprafața de schimb de căldură este necesar dezvoltarea unui sistem de control al nivelului apei. Structura sistemului de control al nivelului apei include conducta care leagă linia de lichid, supapa, rezervorul de apă, senzorul de nivel al lichidului și pompele electrice reglabile. Procesul de control constă în faptul, că semnalul detectat de senzorul de nivel al lichidului este amplificat, iar apoi acesta este convertit în semnal digital de către convertizor analog-digital(AD), iar diferența între semnalul real și prescris duce la controler.

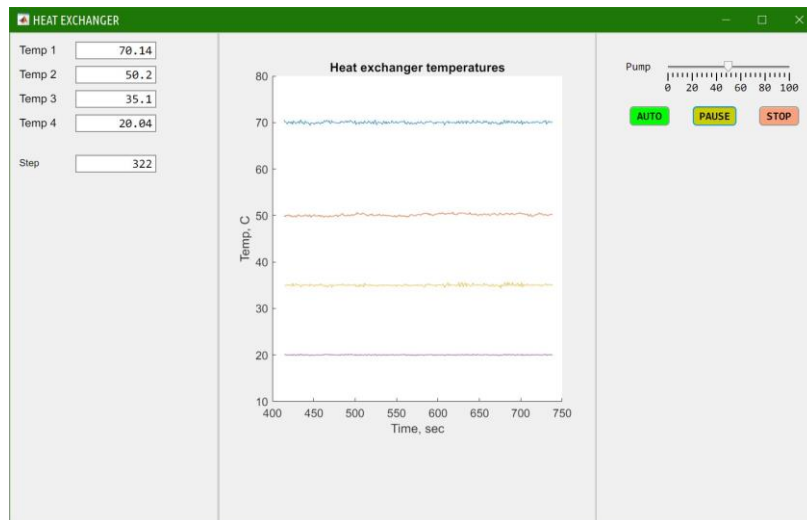
Reglarea suprafeței de schimb de căldură se efectuează prin schimbarea nivelului apei în spațiul dintre țevi din schimbătoarele de căldură. Relația dintre nivelul apei și aria suprafeței de schimb de căldură într-un schimbător de căldură vertical cu țevi și serpentină este liniară, iar într-un schimbător de căldură cu țevi și manta orizontală este neliniară. Prin urmare, un convertizor funcțional este prevăzut în sistemul de control pentru a liniariza această relație neliniară. Pentru reglarea nivelului de apă, este prevăzut un sistem de control în cascadă, dotat cu un sistem de monitorizare a pompei „slave” pentru controlul debitului de apă la pompa „master”. În bucla externă funcționează un sistem de stabilizare a nivelului apei, în care semnalul de divergență dintre nivelul setat și nivelul curent este transmis la controler, care la rândul său corectează semnalul la intrare a sumatorului buclei interne.

Softul dezvoltat (Fig.3) asigură măsurarea parametrilor de funcționare a sistemului (temperatura, nivelul de lichid, debitul, inclusiv și alți parametri auxiliari ca semnale la ieșirile și intrările din inverter), folosind un algoritm de reglare special, cu control asupra pompelor și a nivelului de lichid în intervalele prescrise. În cazul în care parametrii menționați depășesc limitele admise, se efectuează o oprire de urgență a sistemului.

Măsurarea parametrilor se efectuează prin intermediul senzorilor analogici: termometre, traductorilor de nivel al lichidului și a debitmetrelor legate cu traducătorul analog-digital (TAD) de tip OBEH MB110-224.8A. Controlul motoarelor pompelor se efectuează prin intermediul modulului Optidrive ODE-3 (convertizorul de frecvență pentru motoarele monofazate asincrone).



În această etapă a proiectului, unitatea de control se bazează pe un PC Windows. În viitor, sistemul poate fi transferat la un controler industrial bazat pe un microcomputer cu o singură placă sub controlul Linux. Modulele de măsurare și control sunt conectate la un PC folosind un adaptor RS485. Busul RS485 permite conectarea mai multor dispozitive "slave". Schimbul de date se realizează conform protocolului standard MODBUS RTU.



**Figura 3.** Interfața grafică a softului

Software-ul (SW) este realizat în două nivele. Cel de nivel inferior este scris în Object Pascal și compilat într-o bibliotecă de linkuri dinamice (DLL). Acest modul realizează schimbul de date cu dispozitivele de intrare-ieșire prin protocolul MODBUS și procesarea primară a datelor. În plus, funcțiile acestui modul sunt utilizate de un program de nivel superior implementat ca o aplicație MATLAB cu o interfață grafică. Este posibil de-a utiliza DLL-uri și în modelele Simulink. Funcționarea programului a fost testată pe un simulator software și pe module reale ADC și DAC.

Pentru fabricarea instalației de testare a fost elaborată schema principială. A fost efectuate lucrări pentru conectarea apei, canalizației și energiei electrice la instalație. La fel au fost efectuate lucrări de montare a instalației experimentale.

Sistemul informațional a fost elaborat și fabricat de către Institutul de Energetică și a fost alcătuit din blocurile de intrare-ieșire a semnalelor analogice în calculator, senzori de diferite tipuri. Poza instalației experimentale este prezentă în figura 4.



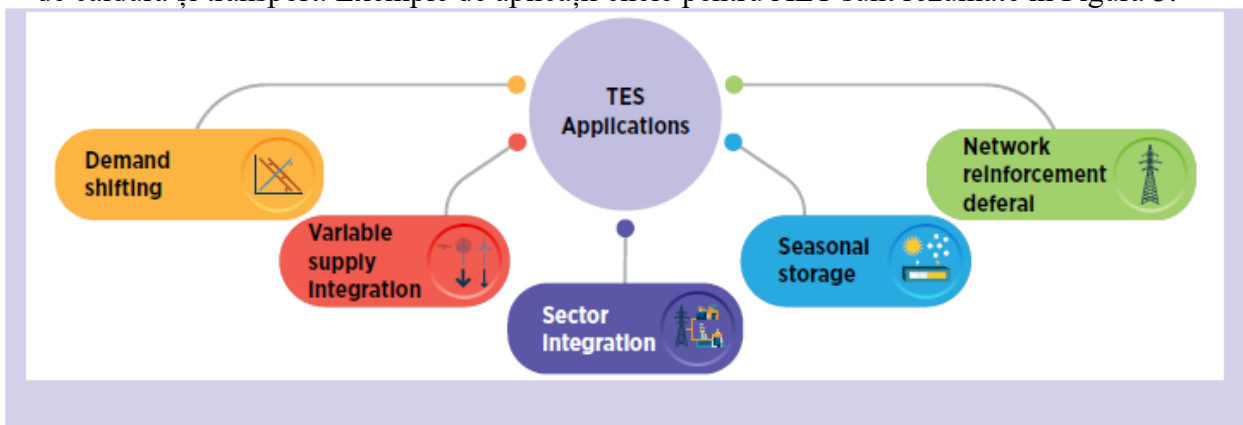


**Figura 4.** Instalația experimentală

Programul de încercare a instalației experimentale permite estimarea duratei procesului tranzitoriu sub diferite legi de reglare a nivelului lichidului, estimarea gradului de neliniaritate, a reglării temperaturii precum și evaluarea algoritmilor de dirijare a proceselor.

Tehnica experimentală constă în furnizarea unui efect de tip treaptă asupra nivelului lichidului din schimbătorul de căldură prin variația de scurtă durată a debitului uneia dintre pompe și prin acționarea asupra celei de-a doua pompe, pentru a stabili nivelul, conform protocolului de control selectat (numărul de repetări este de cel puțin trei). Acest lucru permite compararea legilor de reglare al nivelului lichidului din mantaua schimbătorului de căldură: reglare P, reglare PI, ACS în cascadă. Se măsoară și se înregistrează variația nivelului de lichid în schimbătorul de căldură, debitele medii de intrare în schimbătorul de căldură și la ieșirea din acesta.

Pe componenta **acumuloarelor de energie termică** a fost stabilit, că beneficiile pe care acumuloarele de căldură le pot oferi vor varia între sistemele energetice și evoluția lor viitoare, în special desfășurarea legăturii între variabilitatea energiei regenerabile și electrificarea cererii de căldură și transport. Exemple de aplicații cheie pentru AET sunt rezumate în Figura 5.



**Figura 5.** Aplicarea cheie a acumuloarelor de energie termică (AET) în sistemul energetic

**Acumuloare de energie termică de tip rezervor** au primit o atenție tot mai mare în ultimii ani. S-a stabilit, că acestea sunt pretensionate la fața locului și astfel pot transfera sarcini mai mari sau chiar rezista la presiunea internă. În interior, rezervorul este etanșat cu oțel inoxidabil sau oțel negru.

Ca înlocuitori pentru căptușeală și structuri din beton, acum sunt folosite structuri noi din fibră de sticlă sau oțel. S-a determinat, că introducerea efectului de stratificare a apei stocate poate îmbunătăți semnificativ eficiența sistemului întreg. Pentru încărcare, se folosește un dispozitiv de stratificare, care furnizează apa încălzită rezervorului în timpul fazei de încărcare, în conformitate cu temperatura acestuia. Acest lucru este necesar pentru a preveni orice amestecare a straturilor și, astfel, orice răcire a temperaturii în interiorul acumulatorului. Folosind acest dispozitiv, apa fierbinte poate fi direct (adică fără utilizarea suplimentară a pompelor de căldură sau încălzire suplimentară) utilizată atunci când căldura trebuie descărcată. Pentru a descărca sau extrage căldura în timpul încălzirii sezoniere, apa este retrasă din partea de sus, adică cea mai fierbinte parte a acumulatorului de căldură. Acumulatorii sezoniere de energie termică cu un conținut de apă pură sau ridicată sunt sisteme performante care au inerție scăzută: căldura stocată poate fi descărcată cu debiteuri de volum ridicate și timpuri de acces scurți.

S-a determinat, că dintre toate tipurile de acumulatori de căldură, cele de stocare a energiei termice în rezervoare prezintă cele mai favorabile condiții pentru optimizarea raportului A/V și astfel minimizarea pierderilor de căldură stocate. De asemenea, s-a determinat, că de la un volum de apă de 1.000 m<sup>3</sup>, stocarea sezonieră a energiei termice începe să devină eficientă din punct de vedere energetic; pentru capacitățile mai mici, pierderile de căldură legate de volum ale rezervorului sunt prea mari. Dimensiunile rezervoarelor construite de energie termică variază de la 2.750 m<sup>3</sup> la 12.000 m<sup>3</sup>. Acumulatorii de stocare a energiei termice din fibre de sticlă sunt potriviți pentru un volum de stocare de până la aproximativ 6.000 m<sup>3</sup>. Capacitatea de stocare a energiei termice este de 60-80 kWh / m<sup>3</sup>.

În rezultatul cercetărilor s-a identificat, că tehnologia de stocare a căldurii, utilizând în calitate de mediu de stocare apa, este cea mai accesibilă și ieftină modalitate de înmagazinare a energiei termice. Totuși, capacitatea de stocare în apă este limitată de diapazonul de temperatură până la 100 °C, ceea ce mărește volumul acumulatorului de căldură;

Stocarea în vase (rezervoare) de acumulare posedă cel mai înalt nivel de pregătire tehnologică, fiind aplicată astăzi la scară comercială în aplicații de scară mică, precum sunt sistemele de valorificare a energiei solare termice și a biomasei;

Eficiența de stocare a căldurii utilizând apa ca mediu de acumulare variază între 55÷90%. Costurile de exploatare a acestor sisteme sunt cuprinse între 0,1÷35 \$/kWh;

În cazul Republicii Moldova, reieșind din condițiile climatice, se recomandă utilizarea acumulatorilor de tip vas (rezervor) pentru stocarea pe termen scurt și a acumulatorilor subterane de tip groapă pentru stocarea sezonieră, ambele pe bază de apă în calitate de mediu de înmagazinare.

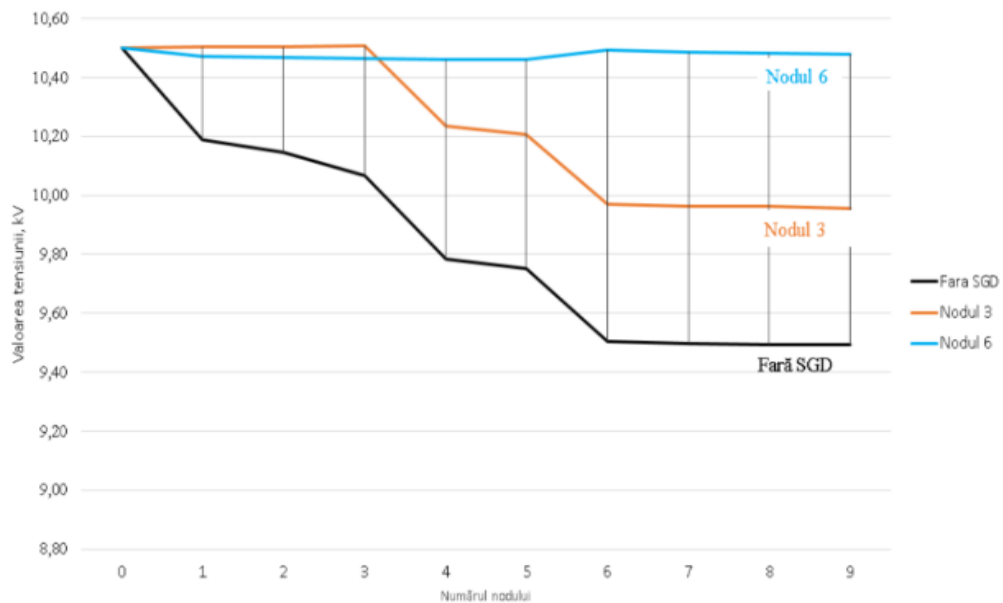
A fost elaborată baza de date pentru modelul de calcul al consumului de energie pentru municipiul Chișinău pe categorii de surse pentru perioada 2020-20250, care va fi utilizată pentru dezvoltarea studiilor de prognoză după diferite scenarii, iar în rezultat va permite autorităților centrale să-și elaboreze un plan de dezvoltare durabilă.

**Pe componenta amplasării surselor de generare distribuită în nodurile rețelelor electrice** au fost cercetate problemele legate de variația pierderilor de putere în rețelele electrice în prezența surselor distribuite, care sunt pronunțat influențate atât de puterile furnizate de aceste surse, cât și de locul de amplasare.

A fost realizată cercetarea variației nivelului de tensiune în nodurile rețelei electrice pentru trei scenarii (Fig.6):

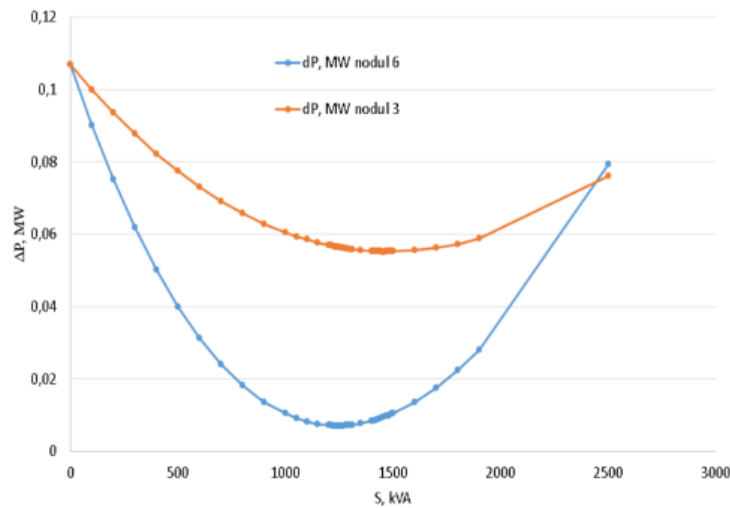
Scenariul 1 – sursa distribuită este amplasată în nodul optimal al rețelei electrice, adică în nodul pentru care se asigură minimum pierderilor de putere activă (nodul 6 - curba albastră);

Scenariul 2 – sursa distribuită este amplasată în mod arbitrar (nodul 3 – curba orange);  
 Scenariul 3 – sursa distribuită lipsește (curba colorată cu culoarea neagră)



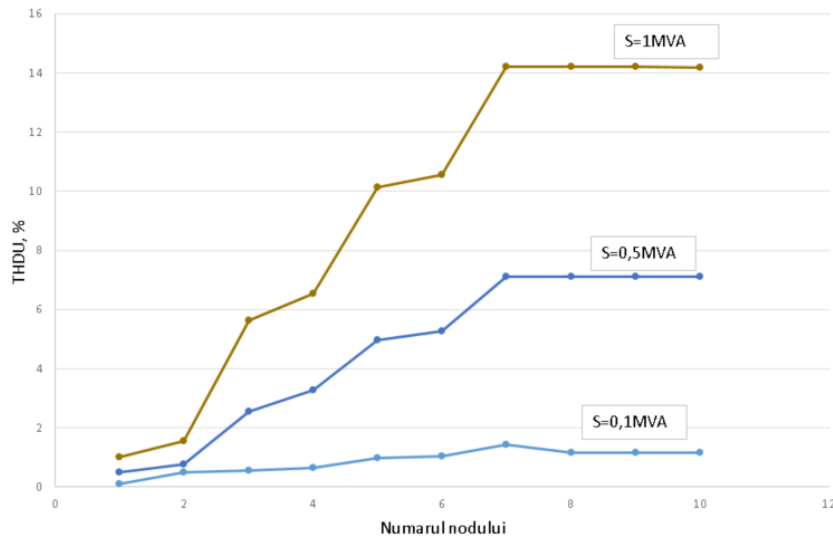
**Figura 6.** Variația nivelului de tensiune în nodurile rețelei electrice în funcție de scenariul de conectare a sursei distribuite

Analiza efectuată a demonstrat că pierderile de putere sunt influențate pronunțat de nodul în care sunt racordate sursele distribuite (fig.7).



**Figura 7.** Variația pierderilor de putere în dependență de puterea injectată de sursa distribuită

În figura 8 sunt prezentate curbele privind variația pierderilor de putere în funcție de locul de amplasare a sursei distribuite: curba orange amplasarea într-un nod arbitrar și, respectiv, curba albastră în nodul optimal.



**Figura 8.** Valoarea totală de distorsiune a undei de tensiune în nodurile rețelei electrice în cazul utilizării inverterului cu 6 pulsuri

Întrucât sursele de generare distribuită sunt în cele mai dese cazuri conectate prin intermediul convertoarelor electronice de putere – acestea reprezintă instalații ce conțin elemente cu caracter neliniar pronunțat fapt care provoacă o acțiune negativă asupra calității energiei electrice.

În acest caz sursa distribuită devine o sursă importantă de armonici de curent și de tensiune, care duce la creșterea următoarelor riscuri:

- apariției fenomenelor de rezonanță de curent și tensiune; supraîncălzirii condensatoarelor și transformatoarelor; creșterea curentului prin firul nul; posibilitatea acționării false a protecțiilor prin rele.

**La compartimentul de fezabilitate a sistemelor de stocare a energiei electrice** a fost propusă evaluarea fezabilității utilizării bateriilor de acumulare și sistemului de stocare cu hidrogen (utilizând electrolizoare și celule de combustibil) pe exemplul unei centrale electrice eoliene și a unei centrale fotoelectrice.

În tabelul 1 sunt prezentate rezultatele evaluării fezabilității utilizării sistemelor de stocare cu baterii de acumulare (cu litiu-titan LTO, cu ferofosfat de litiu LFP, ciclu reversibil de oxidare și reducere cu vanadiu VRFB, cu plumb-acid cu valvă reguletoare VRLA, cu manganat de litiu și nichel-magneziu-cobalt NMO/LMC) și sistem de stocare cu hidrogen. Analiza realizată demonstrează că, în condițiile Republicii Moldova și prețul prognozat pe piața de energie pentru ziua următoare și costul energiei electrice generate de centralele electrice utilizând surse regenerabile de energie, utilizarea bateriilor de acumulare cu litiu-ion și a sistemelor de stocare cu hidrogen nu sunt fezabile, durata de recuperare a investiției depășind considerabil durata normată de viață a acestor tipuri de sisteme de stocare. Totodată, utilizarea bateriilor de acumulare VRFB, VRLA și NMO-LMC este fezabilă, durata de recuperare fiind sub 8 ani.

Tabelul 1. Durata de recuperare a investiției

Sistem de stocare a energie	Durata actualizată de recuperare a investiției, ani
-----------------------------	---

	Centrale electrice eoliene	Centrale fotoelectrice
LTO	-	-
LFP	-	-
VRFB	5.4	5,2
VRLA	8.3	8,0
NMO-LMC	8.1	7,9
Sistem de stocare cu hidrogen	-	-

6. Diseminarea rezultatelor obținute **în proiect** în formă de publicații

### Monografii

#### *Monografii internaționale:*

Sergiu Robu. Analiza decalajului între obiectivele de performanță ale Ghidului cadru pentru standardele de eficiență energetică în clădiri și eficiența energetică actuală a clădirilor din Moldova. UNECE 2021. [Gap analysis between the performance objectives of the Framework Guidelines for Energy Efficiency Standards in Buildings and implementation of current building energy efficiency standards in the Republic of Moldova \(unece.org\)](https://www.unece.org/publications/energy-efficiency-standards-in-buildings)

#### *Monografii naționale*

ȘVEȚ Olga, GUȚU-CHETRUȘCA Corina. *Managementul energiei*. Chișinău Tehnica-Info UTM, 2021. 121p. ISBN978-99-75-45-726-2.

### I. Articole în reviste științifice

1.1 Калинин Л., Зайцев Д., Тыршу М., Голуб И., Калошин Д. Управляемая межсистемная связь на базе преобразователя, выполненного по схеме «шестиугольник». *Problemele Energeticii Regionale* 1 (49) 2021 *Electroenergetica* pp.12-20. DOI: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2021.1-49.11> UDC: 621.3.072.9

1.2 ȘIT, M.L., JURAVLEOV, A.A. Pompa de căldură hibridă cu dioxid de carbon pentru utilizarea în clădiri de locuit multietajate în sistemul de termoficare cu CET. *Problemele energeticii regionale* nr. 3(51)2021, pp.91-98, ISSN: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2021.3-51.08> , [https://journal.ie.asm.md/assets/files/08\\_03\\_51\\_2021.pdf](https://journal.ie.asm.md/assets/files/08_03_51_2021.pdf)

1.3 GUȚU-CHETRUȘCA, Corina, GUȚU Aurel. Republic of Moldova power energy in the pandemic. **In:** *UTM Journal of Science*. 2021, în tipar.

### II. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale

2.1. Lev Kalinin, Dmitrii Zaitsev, Mihai Tirsu, Irina Golub, Danila Kaloshin. Research of the energy characteristics of phase regulating device based on "star" circuit. *J Journal of Engineering Sciences*. 2021, nr. 3, pp. 71-79. ISSN 2587-3474

[https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28\(3\).05](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2021.28(3).05)

2.2 SIT MIKHAIL, TIRSU MIHAI, JURAVLIOV ANATOLY and TIMCHENKO DMITRII, Integration of Air to Water Heat Pump into District Heating System with Combined Heat Power Plant, pp. 2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS), <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9492224/proceeding>,

2.3 DOI: [10.1109/MPS52805.2021.9492701](https://ieeexplore.ieee.org/document/9492701), INSPEC Accession Number: 20968160, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9492701>

2.4 I. Comendant, Iu Prepelita, L. Turcuman. Identifying the Conditions of Maximum Electricity Demand Coverage in a Direct Mode, by Wind and Photovoltaic sources. 2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS). Cluj-Napoca, Romania. 16-17 June 2021. IEEE. DOI: 10.1109/MPS52805.2021.9492533. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9492533>

2.5 Sergiu Robu, Mihai Lupu, Vasile Daud. "The Impact of Distributed Heat Pumps on the District Heating System", Modern Power Systems Conference (9th edition), 15th -17th of June 2021, Cluj-Napoca, Romania, DOI: [10.1109/MPS52805.2021.9492548](https://ieeexplore.ieee.org/document/9492548), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9492548>

2.6. Sergiu Robu, Mihai Lupu. " Allocation of economic parameters between heat and electricity for a CHP", SIELMEN (13th edition), 7th of October 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp.76-81.

2.7 BRAGA Dumitru. Integration of energy storage systems into the power system for energy transition towards 100% renewable energy sources. In: *Energy and Environment*: proc. of the 10<sup>th</sup> intern. conf., Bucharest, October 14-15, 2021, în tipar.

2.8 BRAGA Dumitru. Photovoltaic Technical Potential in Republic of Moldova. In: 2021 International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT (CIEM), 2021. In: *Energy and Environment*: proc. of the 10<sup>th</sup> intern. conf., Bucharest, October 14-15, 2021, în tipar.

### **III. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

3.1 Kalinin L.P., Zaitsev D.A., Tirsu M.S., Golub I.V., Kaloshin D.N. Functional characteristics of a multichannel frequency converter. The 9th International Conference on Modern Power Systems, 16th - 17th June 2021, Cluj-Napoca, Romania. ID-22 <https://et.utcluj.ro/mps/download/Program%20Final%20MPS%202021.pdf>

3.2 Kalinin L., Zaitsev D., Tirsu M., Golub I., Kaloshin D. Typical operating modes of a multichannel frequency converter. 13-th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN 2021, 8 october 2021 PETD 1 (Power Generation, Transport and Distribution 1), pp.82-86.

3.3. Mihai Tirsu, Nicolae Covalenco, Ion Negura, Dmitrii Zaitev, Mihai Gavrilas and Bogdan Constantin Neagu. Photovoltaic-thermal system for trigenerating electricity, hot water and cold. 13-th International Conference on Electromechanical and Power Systems SIELMEN 2021, 8 october 2021 EE & RR 1 (Energy Efficiency and Renewable Resources 1)

3.4. Калинин Л., Зайцев Д., Тыршу М., Калошин Д., Голуб И. Исследование трансформаторного преобразователя частоты при несимметричных режимах работы. ММ2021 12 Международная

конференция ФМФ ПГУ 2021 «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве» <http://mmconfer.spsu.ru/>

3.5 MURDID Ecaterina, STRATAN Ion. Optimal PMU Placement and Algorithms Development of Accelerated Calculations of State Estimation Performance in Power Systems. In: *Electromechanical And Energy Systems*: proc. of. the 13<sup>th</sup> intern. conf., Chisinau, October 7-9, 2021, pp. 115-120.

3.6 ROTARI Iulian, ROTARU Adrian. The analysis of the sensitivity of the active power losses in relation to the powers. In: *Electromechanical And Energy Systems*: proc. of. the 13<sup>th</sup> intern. conf., Chisinau, October 7-9, 2021, pp. 150-154.

3.7 BRAGA Dumitru. Optimal capacity and feasibility of energy storage systems for power plants using variable renewable energy sources. In: *Electromechanical And Energy Systems*: proc. of. the 13<sup>th</sup> intern. conf., Chisinau, October 7-9, 2021, pp. 87-91.

3.8 SANDULEAC Mihail, EREMIA Mircea, TOMA Lucian, DAMIAN Cătălin, GAVRILAȘ Mihai, GRIGORAȘ Gheorghe, STRATAN Ion, GROPA Victor. Islanded microgrids control by using grid former and synthetic slack bus concept. A preliminary analysis. In: *Electromechanical And Energy Systems*: proc. of. the 13<sup>th</sup> intern. conf., Chisinau, October 7-9, 2021, pp. 231-236.

#### **IV. Articole în lucrările conferințelor științifice naționale**

4.1 GORAȘ Sergiu, ROTARI Iulian. Analiza sensibilității pierderilor de putere activă în raport cu puterile nodale. In: Technical-scientific of undergraduate, master and phd students: proc. of. nation. conf., Chisinau, March 23-25, 2021, vol. 1, pp. 123-126.

#### **IV. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

4.1 Cerere de brevet. Dispozitiv transformator pentru conectarea unei sarcini asimetrice la o sursă de alimentare trifazată. s2021 0074 din 24.08.2021.

4.2 Cerere de brevet. Dispozitiv de reglare cu două transformatoare. s2021 0075 din 24.08.2021.



## 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

Rezultatele dau răspuns la întrebarea în ce măsură poate fi promovat scenariul 100% SER în țară, în condițiile în care prețul la energia electrică produsă în scenariul 100% SER este mult mai mare decât în scenariul liniei de bază, iar rata sărăciei absolute a țării este destul de înaltă, egală cu 25,2%. Gradul de penetrare a SER este determinat în funcție de pragul sărăciei absolute, acesta din urmă fiind, la rândul său, dependent de nivelul evoluției produsului intern brut programat.

Rezultatele obținute pe marginea soluțiilor tehnice de realizare a instalațiilor de dirijare cu rețelele de transport și distribuție a energiei electrice permit identificarea soluției optime pentru realizarea a astfel de instalații, precum și indică asupra posibilității de asigurare a simetriei tensiunilor după fază și modul, iar în rezultat diminuarea pierderilor de energie electrică și sporirea gradului de fiabilitate a acestora.

Mostra pompei termice hibride, care funcționează pe agent de lucru ecologic (CO<sub>2</sub>) va permite analiza variantei optime de realizare a acestor instalații, care vor contribui la creșterea integrării SER în circuitul de asigurare cu energie termică a clădirilor, în deosebi în cadrul SACET, și va contribui la creșterea eficienței globale a SACET prin diminuarea pierderilor în turnurile de răcire ca rezultat al utilizării unei cote de energie termică de la conductele retur ale SACET, dar va duce și la micșorarea plăților pentru energie termică la consumatori.

Sistemele de stocare a energiei termice și-au găsit pe larg aplicarea în domenii unde există necesitatea de acoperire a vârfurilor de consum, precum sunt: clădirile (încălzire și apă caldă menajeră), sistemele de alimentare centralizată cu energie termică; serele agricole etc. În rezultatul cercetărilor asupra sistemelor de stocare a energiei termice se va elabora o soluție tehnică optimă a acumulatorului de energie termică pentru condițiile R.Moldova, iar în final ar trebui să conducă la creșterea securității energetice a țării și reducerea consumului de carburanți fosili.

Studiul asupra elaborării prognozei de consum a energiei pe municipiul Chișinău după fiecare tip de combustibil și elaborarea scenariilor până în 2050 va permite APL să dezvolte un Plan durabil de dezvoltare a orașului și să implementeze măsuri de decarbonizare.

Problema asigurării cu frig a consumatorilor pe perioada caldă a anului nici nu s-a pus la nivel de clădire sau cartier. Studiul include și acest aspect, care va avea un impact pozitiv asupra reducerilor de CO<sub>2</sub> și creșterii confortului populației.

Noutatea cercetărilor propuse în proiect constă în faptul, că sistemul hibrid de asigurare cu energie termică/frig vine să implementeze așa numitul concept de generația 4-a a sistemului de alimentare centralizată cu energie termică și frig, care include o cerere redusă de energie, energie inteligentă (interacțiune surselor de energie, distribuție și consum), alimentare centralizată bidirecțională. Cercetărilor ce țin de dezvoltarea opțiunilor privind realizarea conceptului de rețele inteligente și integrare avansată a SER vin să ofere diverse scenarii de dezvoltare caracteristice sistemului energetic al țării.

Rezultatele proiectului pe componenta de dezvoltare a conceptului rețelelor inteligente oferă posibilitatea întreprinderilor de rețele electrice din Republica Moldova de a realiza amplasarea

optimă a surselor distribuite de energie electrică în nodurile rețelelor electrice, cu scopul de a reduce pierderile de putere activă și implicit a celor de energie, de a identifica influența surselor distribuite asupra calității energiei electrice precum și de a repartiza pierderile de putere între participanții la piața energiei electrice.

#### **8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului**

Calculatoare cu conectare la internet și softuri necesare standarde (15), cu softuri specializate (Matlab, Simulink, RASTR, LEAP, TIMES etc. - 5 buc.). Sistemul integrat MARKAL-EFOM (Eng: The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES)), este un instrument de calcul elaborat în 1999, și la moment este actualizat în cadrul sistemului MARKAL de către Programul Agenției Internaționale de Analiză a Tehnologiilor de Sistem (Eng: International Energy Agency Energy Technology System Analysis Program ([www.etsap.org](http://www.etsap.org))). TIMES este un instrument utilizat pentru modelarea dinamicii energetice în sistemele energetice locale, naționale sau multiregionale pentru un orizont de timp cu o perioadă medie sau lungă, sau pe mai multe perioade, utilizând analiza scenariilor.

Pentru realizarea calculelor, analizelor și simulărilor a fost utilizat centrul de calcul din cadrul Departamentului Energetică a Facultății Energetică și Inginerie Electrică. La realizarea simulărilor s-a utilizat soft-ul Rast Win, precum și un set de programe elaborate de participanții din cadrul proiectului. A fost utilizat și pachetul de programe Microsoft Office prin intermediul căruia au fost create și redactate rapoartele echipei antrenate în cadrul proiectului. De asemenea s-au utilizat standurile moderne de laborator (utilaj de laborator NTT-10.67. Rețele de distribuție) amplasate în sala 2-115, destinate studierii rețelelor electrice de distribuție.

Cercetările au fost realizate în 8 birouri, 2 laboratoare dotate cu echipamente de strungărit și de prelucrare a metalelor pentru fabricarea componentelor mostrei pompei termice hibride, un laborator dotat cu tehnică de măsurare (Osciloscop digital cu 2 canale, echipamente de măsurarea a curenților, tensiunii, calității tensiunii și surse de tensiune pentru elaborarea softului de control și colectare a datelor pentru pompa de căldură și testarea diferitor soluții tehnice de acumulare termice).

#### **9. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului**

Universitatea Tehnică a Moldovei, Ministerul Infrastructurii și Dezvoltării Regionale, Agenția pentru Eficiență Energetică, Termoelectrica S.A, ÎCS "Premier Energy" SRL, SA "Rețelele Electrice de

Distribuție Nord”, ÎS.”Moldelectrica”, Agenția Națională pentru Reglementare în Energetică(ANRE), ÎS.”Energoproiect”, Primăria mun. Chișinău, etc.

#### **10. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului**

La această etapă se colaborează numai pe latura cercetărilor comune și publicarea rezultatelor la diferite forumuri științifice. De exemplu, Departamentul de Energetică a FEIE în cadrul căruia activează echipa proiectului, colaborează cu Facultatea de Energetică a Universității Politehnica din București, cu Facultatea de Inginerie Electrică, Energetică și Informatică Aplicată a Universității Tehnice ”Gheorghe Asachi,, din Iași.

Colaborarea în vederea implementării rezultatelor proiectului va fi intensificată spre finele proiectului când vom avea deja rezultate palpabile și vom putea face și anumite estimări economice.

#### **11. Dificultățile în realizarea proiectului**

Financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc.

Unele dificultăți în realizarea proiectului au fost legate de lipsa de calculatoare performante la colaboratorii participanți la efectuarea studiilor, deoarece softurile specializate necesită resurse enorme. Din aceste considerente a fost necesar de mult mai mult timp pentru a obține rezultatele modelărilor.

O altă dificultate este lipsa insuficientă a mijloacelor financiare pentru procurarea componentelor necesare, deoarece multe din ele s-a scumpit considerabil comparativ cu prețurile inițial planificate și aceasta impune retragerea finanțării de la unele articole din finanțarea instituțională și alocarea lor pentru necesitățile proiectului.

O altă problemă o constituie procurarea de echipament în cadrul proiectului, ceea ce impune anumite impedimente. De asemenea, Restructurarea ministerelor a dus la blocarea conturilor pe o perioadă îndelungată și unele lucrări se realizează cu întârziere.

#### **12. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)**

Toate rezultatele diseminate au fost prezentate la punctul 6.

#### **13. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premii, medalii, titluri, alte aprecieri).**

Ion Comendant. Rezultatele publicate în articolul „Identifying the Conditions of Maximum Electricity Demand Coverage in a Direct Mode, by Wind and Photovoltaic sources. 2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS). Cluj-Napoca, Romania. 16-17 June 2021. IEEE. DOI: 10.1109/MPS52805.2021.9492533., au avut o rezonanță importantă în lumea științifică din domeniu. Astfel, platforma ACADEMIA a solicitat prezentarea articolului în cauză spre a fi studiat.

**14. Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media**

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei
- Articole de popularizare a științei

**15. Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului**

GOLUB Irina „Utilizarea convertoarelor comandate de putere pentru dirijarea cu regimul sistemului electroenergetic”, 221.01, Sisteme și tehnologii energetice, Conducător **BERZAN Vladimir** conf. cerc., dr. hab., IE

Danila CALOȘIN, „Studiul interconexiunii flexibile dintre sistemele energetice în baza transformatoarelor cu conversie de frecvență”, 221.01, Sisteme și tehnologii energetice, Conducător **Vitalii POSTOLATI**, doctor habilitat în științe tehnice, academician, IE

**16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect**

În cadrul proiectului au fost susținute 7 teze de masterat și 2 teze de doctor,

Rezultatele obținute vor fi prezentate Ministerului Infrastructurii și Dezvoltării Regionale spre a fi utilizate la determinarea nivelului de penetrare a surselor eoliene și fotovoltaice în sistemul electroenergetic național.

Aviz la proiectul de HG și cadrul legal primar de reglementare în domeniul energetic (aviz la Shadow report on SDG 7,

Aviz la HG nr. 1003/2014 pentru aprobarea regulamentelor privind cerințele de etichetare energetică a unor produse cu impact energetic,

Elaborarea Ghidului managerului energetic în sectorul public,

Elaborarea studiului modelului tehnico – economic a proiectelor de energie SER implementate în instituțiile sociale pentru punerea în aplicare a schemei de sprijin *contorizare netă*,

Elaborarea Metodologiei de calcul privind determinarea capacității de plată a consumatorilor de energie electrică (model Excel de calcul);

Pe baza rezultatelor obținute au fost și urmează a fi susținute proiecte de licență și teze de master:

- Proiect de licență „Proiectarea stației electrice ”Colibași” 33/110 kV pentru integrarea surselor eoliene în sistemul electroenergetic național”, student gr .EE-173 Cursunji Maxim;
- Proiect de licență „Analiza regimurilor de funcționare ale rețelelor electrice în prezența surselor distribuite”, student gr .EE-173 Vlah Ivan;
- Proiect de licență „Utilizarea surselor regenerabile de energie pentru alimentarea cu energie a satului Mingir, raionul Hâncești”, student gr .EE-171 Vărăniță Tudor;

- Proiect de licență „Modernizarea sistemului de alimentare cu energie electrică a aeroportului Chișinău prin utilizarea panourilor fotovoltaice”, student gr .EE-161f/r Rîciov Ecaterina ;
- Proiect de licență „Stocarea energiei electrice și utilizarea ei într-un sistem electroenergetic ce conține surse de energie regenerabilă cu caracter intermitent”, student gr .EE-172 Rotaru Vladislav;
- Proiect de licență „Studiul privind elaborarea măsurilor de reducere a pierderilor de putere și energie în rețelele electrice”, student gr .EE-172 Deliu Valeriu;
- Proiect de licență „Studiul privind elaborarea măsurilor de reducere a pierderilor de putere și energie în rețelele electrice ale Î.C.S.”Premier Energy Distribution”S.A.”, student gr .EE-171 Golovatic Vasile;
- Proiect de licență „Alimentarea cu energie electrică a unui cartier utilizând trigenerarea și stocarea energiei”, student gr .TE-171 Răzlovan Răzvan;
- Teză de master „Studiu privind dezvoltarea inovativă a sectorului electroenergetic pe bază de SMART GRIDS” studenta gr EE-20M Tofan Felicia;
- Teză de master „Sisteme de distribuție a energiei electrice în prezența generării distribuite” student gr EE-20M Cristian Nicolae.
- Teză de master „Dezvoltarea cogenerării energiei, bazate pe tehnologia solar-hibridă PVT” student gr EM-20M Apostol Irina.

#### 17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

- Tîrșu Mihai/Președinte al Comisiei de susținere a tezelor, examenelor la Centrul de excelență în energetică
- Tîrșu Mihai/Membru al Comisiei de susținere a tezelor de doctorat în cadrul Universității Tehnice (Golub Irina, Caloșin Danila, Cazacu Vadim)
- Tîrșu Mihai/ Membru al comitetului organizatoric al Conferinței internaționale SIELMEN 2021
- Tîrșu Mihai/Președinte al Comisiei de susținere a tezelor de master la UTM (9 persoane)
- Tîrșu Mihai/ Problemele energeticii regionale/ Redactor principal
- Stratan Ion/Seminarul Științific de Profil la specialitatea 221.01. Sisteme și Tehnologii Energetice/membru;
- Hlusuș Viorica/Seminarul Științific de Profil la specialitatea 221.01. Sisteme și Tehnologii Energetice/membru;
- Guțu-Chetrușca Corina/Seminarul Științific de Profil la specialitatea 221.01. Sisteme și Tehnologii Energetice/secretar.

## 18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect

1. Au fost elaborate și testate programele de calcul experimental (încercări) pentru fiecare soluție tehnică din cele 4 elaborate a instalației de dirijare cu rețelele de transport și distribuție a energiei electrice. În baza acestor modele/programe au fost determinate caracteristicile instalațiilor date pentru regimurile de mers în gol, scurtcircuit, sarcină nominală și sarcină activ-inductivă. Au fost elaborate și testate algoritmele de dirijarea cu cheile de putere ale instalațiilor date și s-a stabilit, că reglarea după modul și fază a tensiunilor coincide cu cele setate, astfel confirmând corectitudinea algoritmilor date. În urma testărilor experimentale/simulărilor s-a dovedit eficiența reglării tensiunii după unghi modul separat pe fiecare fază. În rezultatul comparării rezultatelor s-a stabilit că cea mai optimă soluție tehnică de realizare a acestei instalații este cea de realizare în „stea” cu reglare în „zigzag”, care se recomandă pentru realizarea mostrei fizice a instalației date.

2. Pe latura integrării vaste a SER în circuitul energetic al Moldovei s-a stabilit, că în condițiile în care Rata sărăciei absolute (RSA) în R. Moldova este destul de înaltă, cca 25.2%, promovarea surselor regenerabile pentru producerea energiei electrice devine o provocare, depășirea căreia se vede prin mai multe modalități, principala fiind ne admiterea adâncirii sărăciei pentru păturile social vulnerabile de pe urma scumpirii energiei, punând în practică un sistem de îndemnizații respective. Cunoașterea valorii acestui suport ar permite statului să cântărească adecvat capacitatea sa financiară în ce privește gradul de penetrare a SERe pe parcursul anilor spre acoperirea cererii de energie integral pe țară.

În rezultat s-a stabilit că promovarea scenariului de acoperire a cererii de energie electrică în baza conceptului 100% SER nu duce la îndemnizații însemnate pentru menținerea ratei și pragului sărăciei absolute așteptat/ programat. Astfel, creșterea individuală a îndemnizației variază între 0.1-4.4 lei/persoană săracă în scenariul Optimist-1 și 0.1-4.2 lei/persoană în scenariul Optimist-2, în dependență de anul examinat din șirul 2021-2035, precum și prețul la energia electrică produsă de SE+SF+TG (sursă eoliană, sursă fotovoltaică, turbine pe gaze). În ce privește îndemnizația pentru întreaga țară, aceasta variază între 496.6 – 2957.5 mii lei/an în scenariul Optimist-1 și 55.5 – 2862.1 mii lei/an în scenariul Optimist – 2. Adică, îndemnizația maximă pe țară pentru asigurarea nedepășirii ratei sărăciei absolute în urma promovării scenariului 100% SER nu depășește 3 milioane lei pe an în condițiile unui preț la energia produsă de SE+SF+TG de maxim 10 cenți/kWh.

3. Pe componenta de realizare a pompei termice hibride ecologice a fost elaborate cerințe față de instalația experimentală pentru încercare a cvadripolului termic, ca elementul de legare a acesteia cu sursele externe de energie termică cu potențialul termic scăzut și au fost elaborate schemele principale hidraulice și funcționale de automatizări ale instalației, precum și softul pentru sistemul de culegere a informației. La moment este la etapa finală mostra instalației de termoficare hibridă în baza pompei de căldură hibride.

4. Au fost studiate acumuloarele de energie termică și au fost identificate tipurile acestora favorabile pentru condițiile Republicii Moldova și urmează a fi dezvoltate principii adecvate de extragere a căldurii acumulate prin efectul de stratificare.

4. Au fost colectate și analizate datele de consum de energie pe mun. Chișinău, iar cu ajutorul metodelor avansate de modelare a sistemului energetic până în anul 2050 s-au elaborat scenarii de dezvoltare cu emisii reduse și urmează a fi dezvoltate prognozele de consum de energie pe fiecare tip de energie separat.

5. S-a elaborat o metodă și un algoritm privind identificarea locului de amplasare a surselor distribuite în nodurile rețelei electrice și un algoritm privind evaluarea influenței surselor

distribuite asupra pierderilor de putere. S-a demonstrat, că locul amplasării surselor distribuite substanțial influențează nivelul tensiunii în nodurile rețelei electrice.

6. S-a elaborat un algoritm privind evaluarea puterilor active maxime care pot fi tranzitate prin liniile electrice ale rețelelor de distribuție de la sursele distribuite către nodurile de consum.

### **English**

1. The experimental calculation programs (tests) were elaborated and tested for each technical solution of the 4 elaborated ones of the electricity transmission and distribution networks control installation. Based on these models / programs, the characteristics of the given installations for the idling, short-circuit, rated load and active-inductive load regimes were determined. The control algorithms with the power keys of the given installations were elaborated and tested and it was established that the regulation according to the mode and phase of the voltages coincides with the set ones, thus confirming the correctness of the given algorithms. Following the experimental tests / simulations, the efficiency of the voltage regulation according to the separate module angle on each phase was proved. As a result of comparing the results, it was established that the optimal technical solution for making this installation is the "star" one with "zigzag" adjustment, which is recommended for making the physical sample of the given installation.

2. On the side of the wide integration of RES in the energy circuit of Moldova, it was established that in conditions of the Absolute Poverty Rate (RSA) in Moldova is quite high, about 25.2%, the promotion of renewable sources for electricity production becomes a challenge, overcoming of which can be seen in several ways, the main one being the admission of the deepening of impoverishment for the socially vulnerable layers due to the increase in energy prices, putting into practice a system of respective allowances. Knowing the value of this support would allow the state to adequately weigh its financial capacity in terms of the degree of penetration of greenhouses over the years to cover the full energy demand in the country.

As a result, it was established that the promotion of the electricity demand coverage scenario based on the 100% RES concept does not lead to significant allowances for maintaining the expected / scheduled absolute poverty rate and threshold. Thus, the individual increase of the allowance varies between 0.1-4.4 lei / poor person in the Optimist-1 scenario and 0.1-4.2 lei / person in the Optimist-2 scenario, depending on the year examined in the series 2021-2035, as well as the price of electricity produced by SE + SF + TG (wind source, photovoltaic source, gas turbines). Regarding the allowance for the whole country, it varies between 496.6 - 2957.5 thousand lei / year in the Optimist-1 scenario and 55.5 - 2862.1 thousand lei / year in the Optimist scenario - 2. That is, the maximum allowance per country to ensure not exceeding the absolute poverty rate in following the promotion of the 100% RES scenario, it does not exceed 3 million lei per year in the conditions of a price for the energy produced by SE + SF + TG of maximum 10 cents / kWh.

3. On the component of the realization of the ecological hybrid thermal pump, requirements were developed for the experimental installation for testing the thermal quadripole, as its connecting element with external thermal energy sources with low thermal potential and the main hydraulic and functional schemes of automation of the installation, as well as the software for the information collection system were developed. At the moment, the sample of the hybrid heating system based on the hybrid heat pump is at the final stage.



4. The thermal energy accumulators have been studied and their types favorable for the conditions of the Republic of Moldova have been identified and adequate principles for extracting the heat accumulated through the stratification effect are to be developed.

4. Energy consumption data for Chisinau municipality have been collected and analyzed, and with the help of advanced methods for modeling the energy system by 2050, low-emission development scenarios have been developed and energy consumption forecasts on each type of energy separately are to be developed.

5. A method and an algorithm have been developed to identify the location of distributed sources in the nodes of the electricity grid and an algorithm to assess the influence of distributed sources on power losses. It has been shown that the location of substantially distributed sources influences the voltage level in the nodes of the electrical network.

6. An algorithm has been developed to evaluate the maximum active powers that can be transited through the power lines of the distribution networks from the distributed sources to the consumption nodes.

## 19. Recomandări, propuneri

La etapa actuală rezultatele proiectului sunt unele valoroase, care pot aduce un șir de beneficii sociale și economice. Ar fi util de alocat finanțare prin intermediul instrumentului de specializare inteligentă la anul 4 de implementare a proiectului, pentru a putea dezvolta în parteneriat cu Termoelectrica S.A. sau alte întreprinderi o instalație la scară mare (pentru un bloc de locuit) de termoficare cu utilizare a pompei de căldură hibride și acest lucru ar da un impuls major la implementarea în practică a acestor tipuri de instalații.

La fel se poate proceda și cu acumulatele de apă caldă, în vederea realizării unui astfel de acumulator în baza soluției tehnice propuse de echipa proiectului și testarea acestuia la scară largă.

Pe partea procedurilor de timp se propune de prezentat aceste rapoarte conform prevederilor contractuale, adică în ianuarie anul următor perioadei de raportare. În cazul dat se primește confuzie, deoarece până la finele anului mai există cel puțin 5 săptămâni de activitate cu acțiuni concrete planificate, iar raportarea trebuie făcută apriori.

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Dr. TÎRȘU Mihai

Data: 15.11.2021

LȘ

**Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare**

**Cifrul proiectului: 20.80009.7007.18**

<b>Cheltuieli, mii lei</b>				
<b>Denumirea</b>	<b>Cod</b>		<b>Anul de gestiune</b>	
	<b>Eco (k6)</b>	<b>Aprobat</b>	<b>Modificat +/-</b>	<b>Precizat</b>
Remunerarea muncii angajaților conform statelor	211180	1614,0		1614,0
Contribuții de asigurări sociale de stat obligatorii	212100	468,10	-5,4	462,7
Prime de asigurare obligatorie de asistenta medicală achitate de angajator și angajați pe teritoriul țării	212210		+5,4	5,4
Deplasări în interes de serviciu peste hotare	222720	27,6		27,6
Servicii editoriale	222910	11,2		11,2
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	1,9		1,9
Indemn p/u incapacitatea temp de munca	273500	2,1		2,1
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice	335110	46,2		46,2
Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizitelor de birou	336110	11,0		11,0
<b>Total</b>		<b>2182,10</b>		<b>2182,1</b>

Conducătorul organizației \_\_\_\_\_ / Tîrșu Mihai

Contabil șef \_\_\_\_\_ / Barcova Larisa

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Tîrșu Mihai

Data: 15.11.2021

LȘ

## Componența echipei proiectului

Cifrul proiectului 20.80009.7007.18

Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Tîrșu Mihai	1972	dr.	0,5	03.01.2020	
2.	Zaițev Dmitri	1963	dr.	0,5	03.01.2020	
3.	Comendant Ion	1949	dr.	1	03.01.2020	
4.	Șit Mihail	1946	dr.	1	03.01.2020	
5.	Juravliov Anatoli	1949	dr.	1	03.01.2020	
6.	Borosan Constantin	1989		0,5	01.07.2020	04.10.2021
7.	Soloviov Nicolae	1979		1	21.05.2020	
8.	Uzun Mihail	1983		1	03.01.2020	
9.	Colesnic Igor	1976	dr.	1	03.01.2020	
10.	Turcuman Lilia	1961		1	03.01.2020	
11.	Prepelița Iulia	1974		1	03.01.2020	
12.	Daud Vasile	1958	dr.	1	03.01.2020	
13.	Robu Sergiu	1972		1	03.01.2020	
14.	Lupu Mihail	1977		0,5	03.01.2020	
15.	Golub Irina	1967		1	03.01.2020	
16.	Caloșin Danila	1982		1	03.01.2020	
17.	Caloșin Danila	1982		0,5	03.01.2020	
18.	Speian Aurel	1988		1	03.01.2020	
19.	Martnos Ion	1992		1	03.01.2020	
20.	Uzun Galina	1982		1	03.01.2020	
21.	Galbura Victor	1996		1	03.01.2020	
22.	Donțu Ion	1996		1	03.01.2020	
23.	Corcimari Mihai	1995		1	01.01.2021	

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	26
--	----

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Conducătorul organizației \_\_\_\_\_ / Tîrșu Mihai

Contabil șef \_\_\_\_\_ / Barcova Larisa

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Tîrșu Mihai

Data: 15.11.2021