

B.1. Propunerea de proiect

Competiția de proiecte de cercetare a academiei oamenilor de știință din România destinată tinerilor cercetători “AOSR-TEAMS” EDIȚIA 2022-2023

1. Titlul și acronimul proiectului; Domeniul de cercetare

1. Titlul proiectului	<i>Digitizarea mărimilor electrice prin dezvoltarea unui dispozitiv de monitorizare a consumatorilor casnici, în vederea analizei și îmbunătățirii consumului de energie electrică.</i>
2. Cuvinte cheie	<i>digitizare, eficiență energetică, tehnologii LPWA, IoT</i>
3. Domeniul de cercetare principal	<i>Dezvoltarea digitală a societății</i>
4. Domeniul de cercetare secundar	<i>Sisteme avansate de telecomunicații</i>

Obiectivul proiectului și importanța acestuia

Strategia energetică a Uniunii Europene stabilește prioritățile electroenergetice pentru următorii ani și prezintă măsurile care trebuie luate pentru a face față provocărilor legate de necesitatea reducerii consumului de energie electrică, de realizare a unei piețe echilibrate, în care să se garanteze furnizarea sigură a energiei electrice la preturi competitive. Comisia Europeană a stabilit că țările membre vor promova adoptarea tehnologiilor și inovării pentru rețelele inteligente (smart grids), contorizări inteligente (smart metering) stocarea energiei electrice și parteneriatele în proiectele de localități inteligente [1].

Dezvoltarea rețelelor electrice inteligente constituie o sarcină extrem de dificilă și de mare răspundere, în special dacă se ține cont de costul investițiilor în acest domeniu, de efectele pe termen lung și de implicațiile legate de protecția mediului. Scopul dezvoltării acestor rețele inteligente este de a asigura o dezvoltare coordonată a unui sistem fiabil, eficient și economic de distribuție a energiei electrice în beneficiul pe termen lung al utilizatorilor (operatori de distribuție, producători, consumatori).

Un prim pas, foarte important în această direcție, este digitizarea mărimilor electrice de interes, pentru a permite utilizatorilor casnici vizualizarea și analiza acestora, în vederea aducerii unor îmbunătățiri. În contextul actual, în care energia electrică s-a scumpit foarte mult în ultima perioadă, necesitatea unor dispozitive de monitorizare, accesibile ca și preț, pentru urmărirea

consumului de energie electrică, este tot mai evidentă. Digitizarea este o procedură prin care datele în format analog sunt convertite în format electronic, creând practic o imagine digitală sau formă digitală a unui semnal, obiect, fotografie, material audio etc. În zilele noastre, digitizarea datelor ia forma cifrelor binare, fiind procesate de un computer sau prin alte proceduri. Mai specific, este conversia unui material din sursă analog într-o formă numerică. Digitizarea este destul de importantă pentru procesarea informației, stocare, transmisie, pentru că permite informației să fie coagulată. Permite totodată datelor să fie obținute și distribuite, propagate fără a fi reduse și să fie transpuse în formate noi când este necesar. Digitizarea este metoda cea mai favorabilă pentru stocarea informației pentru persoane sau organizații de oriunde din lume. Procedura este similară compromisului dintre un obiect și dispozitivul de fotografiere astfel încât reprezentarea sursei finale să fie cât mai aproape de realitate. Avantajul acestei proceduri stă în viteza și precizia cu care informația este transmisă, fără a fi degradată în comparație cu forma analog. Digitizarea se face în doi pași: discretizare și cuantizare [2].

Tehnologiile „fără fir” non-celulare nu sunt ideale pentru a conecta dispozitive cu un consum de energie redusă, distribuite pe zone geografice mari, deoarece raza de acțiune a acestor tehnologii este limitată la câteva sute de metri în cel mai bun caz. Prin urmare, dispozitivele nu pot fi instalate sau mutate în mod arbitrar oriunde, ceea ce este o cerință pentru multe aplicații pentru orașe inteligente, transport și logistică și monitorizarea faunei sălbatice etc. Rețelele WLAN clasice, pe de altă parte, se caracterizează prin zone de acoperire mai scurte și un consum mai mare de energie. Gama acestor tehnologii este extinsă utilizând o desfășurare densă de dispozitive și gateway-uri conectate utilizând rețele de tip multihop [3].

Tehnologiile Low Power Wide Area (LPWA) oferă seturi unice de caracteristici, inclusiv conectivitate pe suprafață largă pentru dispozitive cu putere redusă și cu rată redusă de date, care nu sunt furnizate de tehnologiile wireless clasice [4] [5]. Rețelele LPWA sunt unice, deoarece fac compromisuri diferite față de tehnologiile tradiționale predominante în peisajul IoT, cum ar fi rețelele fără fir cu rază scurtă de acțiune (Zig-Bee, Bluetooth, Z-Wave), rețelele locale fără fir vechi (WLAN) și rețelele celulare. (GSM, LTE) etc. Cu o rază de acțiune de la câțiva până la zeci de kilometri și o durată de viață a bateriei de zece ani și mai mult, tehnologiile LPWA sunt promițătoare pentru Internet cu consum redus de energie, costuri reduse și debit redus. Aceste caracteristici permit dispozitivelor să acopere zone geografice mari, astfel încât dispozitivele IoT și M2M conectate prin tehnologiile LPWA pot fi pornite oriunde și oricând pentru a detecta și a interacționa cu mediul lor.

Datorită existenței rețelelor LPWA, IoT este și mai interesant. LPWA reprezintă o nouă paradigmă de comunicare, care va completa tehnologiile tradiționale celulare și wireless pe rază scurtă de acțiune în abordarea diverselor cerințe ale aplicațiilor IoT. IoT promite să schimbe modul în care trăim și lucrăm. IoT ne-ar putea ajuta să depășim provocările globale de top din cauza crizei energetice, epuizării resurselor etc. Pentru a realiza această viziune, „lucrurile” trebuie să-și simtă mediul, să împărtășească aceste informații între ei, precum și cu noi pentru a oferi o decizie inteligentă.

Merită clarificat faptul că tehnologiile LPWA realizează o rază lungă de funcționare și un consum de energie redusă în detrimentul ratei scăzute de date (de obicei, în ordine de zeci de kilobiți pe secundă) și a unei latențe mai mari (de obicei, în ordine de secunde sau minute). Prin urmare, este clar că tehnologiile LPWA nu sunt menite să abordeze fiecare caz de utilizare IoT. Mai exact, tehnologiile LPWA sunt luate în considerare pentru acele cazuri de utilizare care sunt tolerante la întârziere, nu au nevoie de rate mari de date și necesită, de obicei, un consum redus de energie și un cost redus.

Pe baza celor menționate, tematica proiectului se încadrează în preocupările actuale din domeniul dezvoltării digitale a societății dar și în domeniul ingineriei energetice. Preocupările sporite din acest domeniu sunt reflectate și de numărul mare de publicații din literatura de specialitate, care încearcă să soluționeze problemele conexe atât prin metode clasice cât și prin utilizarea tehnicilor moderne.

În acest context, obiectivul principal al proiectului se referă la dezvoltarea unui dispozitiv de monitorizare destinat măsurării mărimilor electrice în curent alternativ, în vederea îmbunătățirii consumului de energie electrică la consumatori casnici, utilizând tehnologii noi, cum ar fi tehnologia Low Power Wide Area (LPWA), pentru transmiterea datelor la distanțe mari (ordinul km) și tehnologii clasice, deja consacrate, cum ar fi tehnologia WiFi, pentru transmiterea datelor la distanțe mai mici (ordinul sute de metri). Se încearcă dezvoltarea unui astfel de dispozitiv la un preț accesibil și pentru consumatorii casnici, pentru a facilita accesul la date, permițând analiza acestora și ulterior îmbunătățirea consumului de energie electrică, unde cere situația. De asemenea, un alt aspect important este flexibilitatea dispozitivului din discuție, din punct de vedere hardware. Dispozitivul trebuie să fie de tip "plug and play" și să permită mutarea sa de la un consumator la altul rapid și ușor.

Dispozitivele actuale din comerț au următoarele dezavantaje, în momentul de față, în comparație cu cel propus: prețul de achiziție mai ridicat, sunt fixe,

Rezultatele obținute vor fi valorificate în cadrul unor reviste de largă circulație internațională cu factori de impact semnificativi și în cadrul unor lucrări la conferințe internaționale de prestigiu.

Elementele de dificultate sunt legate de următoarele aspecte:

- construcția elementelor hardware care trebuie adaptate utilizării în sectorul energiei electrice (senzori, antene, elemente de conectică);
- compatibilizarea acestora cu echipamentele care există deja implementate (acolo unde este cazul) în sensul de a comunica și a prelua / transmite date;

Aceste aspecte urmează să fie abordate printr-o cooperare strânsă între membrii echipei de cercetare și agenții economici, aceștia din urmă având rolul de a furniza echipamentele "brute" și de a colabora cu membrii echipei în direcția soluționării problemelor legate de compatibilizare.

Metodologie cu indicarea gradului de originalitate

Metodologia cercetării - Obiectivele concrete ale proiectului:

- **Ținta 1:** Utilizarea tehnologiilor LPWA ca infrastructură paralelă pentru comunicații (față de cea existentă). Utilitatea unei astfel de infrastructuri se justifică pe deplin mai ales în cazul în care apar evenimente neprevăzute care determină avarierea rețelei de comunicație existentă;
- **Ținta 2:** Crearea unei infrastructuri pilot LPWA în cadrul unor consumatori rezidențiali. Sensorii vor transmite informații referitoare la consumul zilnic de energie electrică, precum și alți parametri (tensiunea electrică, intensitatea curentului electric, puterile active, reactive, aparente, factorul de putere) pentru respectivul consumator rezidențial. Utilitatea este justificată pentru consumatorul casnic pentru a urmări trendurile de consum al energiei electrice și îmbunătățirea consumului unde este cazul. Se are în vedere realizarea unor infrastructuri pilot pentru mai mulți consumatori (în număr de minim 3);
- **Ținta 3:** Dezvoltarea unei infrastructuri de cercetare pentru realizarea și testarea instrumentelor realizate.
- **Ținta 4:** Elaborarea unor lucrări științifice (reviste, conferințe), elaborare raport final, prospectarea valorificării rezultatelor cercetării prin contracte.

Elemente de noutate și originalitate:

1. Crearea unor dispozitive formate din senzori care sunt alimentați de la surse de mică putere (acumulatori) și elemente electronice care să monitorizeze mărimile indicate (electrice); Aceste dispozitive vor fi capabile să transmită datele citite la distanțe de ordinul a câțiva kilometri (3-15 km, în funcție de mediul înconjurător).
2. Programarea acestor dispozitive astfel încât să transmită informațiile achiziționate spre anumite concentratoare de date;
3. Dezvoltarea unor algoritmi care să prioritizeze modul în care senzorii transmit informațiile către concentratoarele de date, astfel încât să nu apară coliziuni între datele transmise și să se cunoască apartenența datelor transmise;
4. Realizarea unor nivele de securitate diferite din punct de vedere al accesului la date. Scopul este ca respectivul client (consumator) să aibă acces doar la datele care au fost transmise pentru locația sa.

Prin abordarea acestei tematici se deschid posibilități noi de cercetare în domeniul contorizărilor inteligente (smart metering), rețelelor inteligente (smart grids).

Rezultate estimate intermediare/finale cu indicarea calendarului de activități

Obiectiv	Perioadă	Activități
Obiectiv 1	04-05.2022	1.1. Studiu bibliografic – ”state of the art” în domeniul dispozitivelor de monitorizare mărimi electrice
	04-06.2022	1.2. Studiu bibliografic – utilizarea tehnologiilor LPWA pentru transmiterea datelor specifice proiectului

Obiectiv	Perioadă	Activități
Obiectiv 2	07-10.2022	2.1. Elaborarea unei arhitecturi de referință pentru dispozitivul de monitorizare
	07-10.2022	2.2. Elaborarea unei arhitecturi de referință a sistemului LPWA pentru transmiterea datelor
Obiectiv 3	11.2022	3.1. Elaborarea cerințelor tehnice pentru dispozitivul de monitorizare mărimi electrice
	12.2022-02.2023	3.2. Desenarea și realizarea dispozitivului prototip (în minim 3 exemplare)
	03-04.2023	3.3. Testarea modulelor și integrarea lor în platforma informatică de gestiune a infrastructurii de comunicații
	04-06.2023	3.4. Realizarea unei aplicații client pentru vizualizarea și analiza datelor transmise de către dispozitive
Obiectiv 4	Permanent	4.1. Dezvoltarea infrastructurii de cercetare
Obiectiv 5	07-11.2023	Pilot - validarea soluțiilor în cadru real
	Permanent	6.1. Elaborare lucrări științifice (reviste, conferințe)
	Permanent	6.2. Elaborare lucrări științifice (reviste, conferințe)
	11-12.2023	6.3. Elaborare raport final

Livrabilele asumate:

- Raportul intermediar 1 – 30 Iulie 2022
- Raportul intermediar 1 – 05 Decembrie 2022
- Raportul intermediar 1 – 30 Iunie 2023
- Raportul final – 04 Decembrie 2023

Riscurile care pot fi prevăzute se referă la:

- partea hardware care trebuie concepută în direcția utilizării în sectorul energiei electrice (senzori, antene, elemente de conectică);
- compatibilizarea acesteia cu echipamentele care există deja implementate (acolo unde este cazul) în sensul de a comunica și a prelua / transmite date;
- achiziții componente hardware și echipamente în contextul crizei semiconductoarelor.

Toate aceste riscuri urmează să fie abordate printr-o cooperare strânsă între agenții economici și membrii echipei de cercetare. Agenții economici au rolul de a furniza echipamentele "brute" și de a colabora cu membrii echipei în direcția soluționării problemelor legate de compatibilizare. Membrii echipei au rolul de a implementa instrumentele hardware și software capabile să utilizeze infrastructura creată în direcțiile precizate.

Articole estimate a fi elaborate cu indicarea factorului de impact minim al revistei unde vor fi publicate

Rezultatele obținute vor fi valorificate în cadrul unor reviste de largă circulație internațională cu factori de impact semnificativi și în cadrul unor lucrări la conferințe internaționale de prestigiu.

Reviste:

Denumire revistă	Factor de impact
Energies	3.004
Sensors	3.576
Applied Sciences	2.679
International Journal of Computers Communications & Control	2.293
Computer Communications	3.167

Conferințe:

International Conference on Computers Communications and Control
International Conference on Human System Interaction (HSI)
International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics

Bibliografie

[1] Vilt Călin-Radu, Smart Grids - Rețelele Energetice ale viitorului se dezvoltă acum în România, Mediafax Talk about Energy 4.

[2] Viorel Iulian Tănase, Ruxandra Victoria Paraschiv; Digitizare, digitalizare și transformare digitală; Cercetări filosofico-psihologice, anul X, nr. 2, București.

[3] U. Raza, P. Kulkarni, M. Sooriyabandara, Low Power Wide Area Networks: An Overview, IEEE Communications Surveys & Tutorials.

[4] J. C. Cano, V. Berrios, B. Garcia; C. K. Toh, Evolution of IoT: An Industry Perspective, IEEE Internet of Things Magazine.

[5] L. A. Zadeh, Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes, IEEE Trans Syst Man Cybern SMC.

Buget total solicitat

Bugetul total (lei)	55 687
----------------------------	--------

B.2. Titlu și rezumat în limba engleză

Title: *Electrical quantities digitization by developing a household consumers monitoring device, in order to analyze and improve the electrical energy consumption.*

Abstract: *The main objective of the project is to develop a low-cost, flexible, and long-range communication monitoring device for measuring electrical quantities in AC, in order to help improve electricity consumption in households, using new technologies, such as Low Power Wide Area (LPWA) technology, for data transmission over long distances (km) and classic, already established technologies, such as WiFi technology, for transmitting data over shorter distances (hundreds of meters).*