



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2014 00305**

(22) Data de depozit: **16/04/2014**

(41) Data publicării cererii:  
**26/02/2016** BOPI nr. **2/2016**

(71) Solicitant:  
• **SIMCONTROL SOLUTIONS S.R.L.**,  
STR. MOISE NICOARĂ NR. 30, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• **DUMITRAȘCU ALEXANDRU**,  
ȘOS. OLTENIȚEI NR.226, BL. 13, AP. 5,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;

• **ȘTEFĂNOIU DAN**, STR. BĂICULEȘTI  
NR. 19, BL.D9, AP.50, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• **CULIȚĂ JANETTA**,  
STR. COSTACHE SIBICEANU NR. 35,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• **IORDACHE PAUL**, STR. MOISE NICOARĂ  
NR. 38, BL. C4, SC. B, AP. 180, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

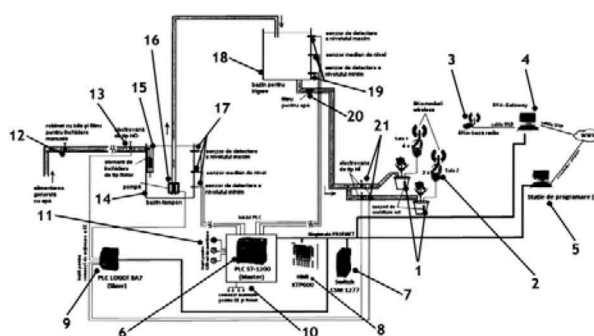
*Această publicație include și modificările descrierii,  
revendicărilor și deseneelor, depuse conform art. 35,  
alin. (20), din HG nr. 547/2008.*

(54) **SISTEM AUTOMAT DE IRIGAȚIE CU REȚEA DE SENZORI  
RADIO ȘI CONTROL PLC**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem automat de irigație, destinat monitorizării parametrilor de mediu în spații închise, și controlului proceselor de irigații. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un subsistem de senzorială și achiziție a datelor, cuprinzând niște senzori de umiditate și temperatură (1), noduri (2) cu transmisie radio, o bază radio (3), un server (4) de achiziție a datelor, o stație (5) de programare; un subsistem de reglare automată, cuprinzând o componentă centrală PLC (6), care este conectat, prin magistrala Profinet, la un panou operator (8), subsisteme care comunică între ele printr-un comutator (7) electronic; un sistem de irigare efectivă, cuprinzând elemente (13, 16, 21) de acționare, senzori (17, 19) de nivel, două bazine (14, 18); și un subsistem de comunicație, prin care se realizează interacțiunea dintre subsisteme.

Revendicări inițiale: 6  
Revendicări amendate: 4  
Figuri: 1



*Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).*



## Descrierea invenției

**Invenția se referă la** un proces și la o instalație bazată pe o arhitectură distribuită, pentru achiziția și monitorizarea parametrilor de mediu din ecosisteme în spațiu închis, cum ar fi serele, precum și pentru controlul automat al procesului de irigație a plantelor din arealul considerat.

Domeniul invenției **are aplicabilitate** în agricultură și botanică, susținând latura aplicativă din domeniul mai larg al automatizării proceselor de mediu.

**Problema tehnică** pe care o rezolvă invenția este cea a implementării unei instalații complexe de conducere, care asigură toate etapele necesare menținerii, în condiții optime, a climatului favorabil creșterii plantelor pe suprafețe acoperite (sere).

**Se cunosc** diferite procedee/metode privind conducerea proceselor de mediu și producerea de diferite instalații de irigație, atât pentru mediul de seră, cât și pentru suprafețe agricole de diferite dimensiuni, însă, în urma cercetărilor facute de echipa noastră, nu au fost întâlnite alte brevete asemănătoare cu cel propus în prezenta propunere. Aceasta afirmație este susținută și de faptul că nu au fost găsite aplicații care să înglobeze toate modulele din arhitectura propusă în această invenție. Astfel, există o multitudine de procedee și instalații de irigație pentru sere (în țări precum Olanda sau Belgia) sau terenuri agricole (în SUA, Franța, Spania, Italia, Australia sau Brazilia), însă **dezavantajul acestora** îl constituie faptul că niciuna nu înglobează atât achiziția de date folosind senzori cu transmisie radio, posibilitatea de monitorizare de la distanță a datelor, stocarea parametrilor în server de date pe o perioadă îndelungată, cât și interconectarea sistemului de achiziție de date la sistemul de control bazat pe echipamente PLC, prin magistrala de comunicație industrială de tip Profinet, cu implementarea unui protocol de comunicație dedicat, de tip ModbusTCP. Totodată, trebuie ținut cont și de consumul de energie sau de apă pe care îl implică o astfel de instalație complexă, acesta putând deveni, peste anumite limite, un factor destul de costisitor.

Conform invenției de față, instalația propusă **rezolvă problemele tehnice enunțate și atenuează dezavantajele menționate**, prin aceea că, folosind rețeaua de senzori cu transmisie radio se înlătură utilizarea cablurilor de legătură, care sunt costisitoare și ar strâmtora spațiul serelor sau ar perturba deplasarea utilajelor agricole. **Totodată**, consumul de energie se reduce sensibil, prin folosirea nodurilor cu transmisie radio, care folosesc pentru alimentare energia solară și acumulatori reîncărcabili (de tip R6/AA, 2000 mAh). Subsistemul dedicat monitorizării mediului de seră (aer și sol) integrează, pe de o parte, o nouă generație de senzori de tip *Watermark*, iar pe de altă parte tehnologia radio de comunicație oferă achiziția în timp real, gestionarea în baze de date și monitorizarea locală sau de la distanță, prin intermediul unei interfețe utilizator, a datelor furnizate de senzorii din teren. Se realizează, de asemenea, controlul umidității solului și menținerea unui anumit nivel pentru parametrii de interes ai procesului, ținând cont și de elementele de fiabilitate și securitate pe care le implică un astfel de sistem.

**Procedeul propus în cadrul invenției și reprezentat în Figura 1, prezintă următoarele avantaje:**

- instalația asigură menținerea între limitele impuse a parametrilor unui ecosistem, cu referire la spațiile închise, acoperite, cum ar fi serele, putând fi extinsă și pentru suprafețe agricole, în aer liber;
- se utilizează o rețea de senzori (1) cuplați la noduri cu transmisie radio (2), înlăturându-se, astfel, cablurile de legătură;

- nodurile cu transmisie radio (2) au alimentare duală, folosind atât energia solară (pe timp de zi), cât și acumulatori reîncărcabili (pe timp de noapte);
- se poate extinde foarte ușor rețeaua de senzori (1) prin introducerea în sistem de noi senzori/noduri, protocolul de comunicație fiind unul de tip „plasă” (XMesh), în care fiecare nod poate comunica cu toate celelalte noduri;
- se poate realiza achiziția datelor de proces, în vederea monitorizării locale (prin intermediul unui panou-operator (8) de tip HMI) sau de la distanță (prin intermediul unei interfețe interactive cuplate la internet) a traiectoriilor de variație a parametrilor;
- datele sunt stocate într-o bază de date, în vederea prelucrărilor ulterioare (spre exemplu, folosirea algoritmilor pentru predicția seriilor de timp);
- s-a realizat cuplarea sistemului de senzori cu sistemul de control alcătuit din automate programabile, prin implementarea unui protocol de comunicație dedicat, bazat pe ModbusTCP, care utilizează comunicația pe magistrala industrială Profinet;
- sistemul de control eficient al procesului de irigație se bazează pe utilizarea unor echipamente de automatizare moderne și fiabile, precum automate programabile de producție SIEMENS - Germania, sistem de senzori cu transmisie radio de producție MEMSIC – SUA, elemente de acționare (electrovalve) de producție Fantini - Italia, mini-pompe submersibile de producție Barwig – Germania și senzori de nivel de producție Meder - Germania;
- apa folosită în procesul de irigație este consumată eficient, prin faptul că se utilizează exact cantitatea de apă necesară plantelor, impunând limitele corespunzătoare parametrilor de umiditate a solului.

În continuare, se dă exemplul instalației implementate pentru monitorizarea și controlul eficient al unui microclimat optim pentru dezvoltarea plantelor în mediu acoperit (de seră), în legătură cu Figura 1, care reprezintă arhitectura completă a sistemului.

Instalația propusă pentru acest brevet de invenție constă în proiectarea și implementarea unei arhitecturi alcătuite din 4 subsisteme: subsistemul de senzorică și achiziție a datelor, cu ajutorul căruia sunt preluate datele din mediul de creștere al unor plante de interior; subsistemul de reglare automată, care preia datele de la sistemul de senzori și le prelucrează, cu scopul de a furniza comenzile necesare menținerii unui climat optim pentru dezvoltarea plantelor; subsistemul de irigare efectivă, ce integrează elemente de execuție și senzori de nivel, care acționează conform cerințelor sistemului de control; subsistemul de comunicație, care înglobează tehnologia indispensabilă pentru interacțiunea dintre subsisteme.

Fluxul de date și comenzi care are loc în cadrul sistemului integrat se prezintă astfel: subsistemul de conducere, cu automate programabile interconectate preia datele achiziționate de subsistemul de senzori cu transmisie radio, iar procesul de irigație se realizează folosind elemente de acționare, senzori de nivel și două bazine cu apă. Pentru realizarea comunicației între subsistemele întregii arhitecturi, s-au folosit protocele de comunicație Profinet/Ethernet și comunicație radio. Subsistemul de control automat al procesului folosește un PLC pe post de *Master* (Simatic S7-1200) (6) care este conectat, prin magistrala Profinet, la un panou-operator cu ecran sensibil la atingere (Simatic HMI KTP600) (8) și la un PLC pe post de *Slave* (Simatic LOGO!) (9). Trecerea la subsistemul de irigație se realizează prin conexiunile la elementele de acționare (o pompă (16) și trei electrovalve (13 și 21)) și senzorii de nivel din cele două bazine. În altă ordine de idei,

partea de interfață cu procesul de control se realizează fie prin interfațare locală, asigurată de panoul-operator (8) cu ecran color și de panourile automatelor programabile, fie prin monitorizare de la distanță, asigurată de interfața Web.

Latura *software* este asigurată, pe de o parte, de pachetul TIA Portal de *software* industrial, bazat pe limbajele specializate *STEP 7* și *WinCC flexible RT* (de timp real), pentru programarea echipamentelor de automatizare S7-1200 (6) și KTP600 (8), și *LOGO! Soft Comfort* pentru programarea echipamentului *LOGO!* (9), iar, pe de altă parte, de limbajele de programare *C* (pentru realizarea comunicației dintre serverul (4) de achiziție a datelor și S7-1200 (6)), *HTML*, *JavaScript* și *PHP* (pentru realizarea interfeței Web).

Componentele *hardware* ale subsistemului cu transmisie radio sunt: serverul (4) de achiziție a datelor, baza radio EB2110 (3), nodurile radio EN2100 (2) și senzorii (1). Senzorii (1) folosiți în această aplicație sunt: ES1101 – senzor de umiditate și temperatură sol, ES1110 – senzor pentru cantitatea de apă din sol, ES1201 – senzor de umiditate și temperatură ambient, ES1301 – senzor de umiditate la nivel de frunză și ES1401 – senzor de radiație solară. Pentru a realiza un proces de irigație eficient, sistemul de senzori monitorizează în permanență o serie de parametri specifici mediului controlat, dintre care doi parametri sunt de interes: umiditatea solului (măsurată în centibari - cbar) și cantitatea de apă din sol (măsurată ca procent din volum - %wfv - *water fraction volume*). Componenta centrală a subsistemului de achiziție și monitorizare a datelor este serverul (*Gateway*) (4) care rulează o distribuție de Linux – Debian 4.0. Flexibilitatea oferită de sistemul de operare Linux a permis integrarea și implementarea mai multor pachete *software*. Unul dintre acestea, denumit *SiriusTCP*, a fost implementat în vederea realizării comunicației dintre echipamente, respectiv comunicația dintre server (4) și automatul programabil S7-1200 (6) pe magistrala Profinet, folosind protocolul de comunicație ModbusTCP. Alte pachete *software* au fost create pentru realizarea unei interfețe de monitorizare pe internet a parametrilor și de control de la distanță a elementelor de execuție în procesul de irigație, interfață bazată pe serverul http *Apache* și pe limbajul de programare *PHP*. Serverul (4) are ca echipament periferic (conectat printr-o interfață USB) o bază radio (3), prin intermediul căreia se recepționează date de la 6 noduri cu transmisie radio, folosind protocolul de comunicație *X-Mesh* (de tip „plasă”). Fiecare nod (2) este prevăzut cu 4 porturi, unde pot fi conectați diverși senzori (1) amintiți anterior. Componenta *software* a acestui subsistem se numește *eKo-View* și reprezintă o interfață cuplata la Internet, prin intermediul căreia se configurează și se gestionează subsistemul de senzori, rezultatul fiind acela de achiziție și monitorizare (locală sau de la distanță) a tuturor valorilor parametrilor procesului, printr-o serie de grafice intuitive. Astfel, datele sunt stocate într-o bază de date de tip *SQLite*, realizând eșantionarea separată a datelor cu perioade de o oră, 6 ore, o zi, o săptămână, o lună, 6 luni și un an. Totodată, această interfață oferă date și despre starea nodurilor (2) rețelei de senzori.

Componenta centrală a subsistemului echipamentelor de automatizare are rol de *Master*. Acesta este construit în jurul unui PLC Simatic S7-1200 (6), cu CPU 1214C. Avantajul major al acestui model îl constituie prezența în configurația automatului (6) atât a interfeței de comunicație Profinet, cât și a celor 14 intrări digitale, 2 intrări analogice și 10 ieșiri digitale încorporate. La nivelul echipamentului *Master* (6), sunt integrate comenzile manuale pentru elementele de execuție. Tot aici, sunt conectați senzorii de nivel (17 și 19) din cele două bazine cu apă (14 și 18). O altă componentă o reprezintă automatul

programabil LOGO! BA7 (9), cu rol de *Slave*. Acest modul are integrată interfața de comunicație Profinet și un număr de 8 intrări / 4 ieșiri digitale. Prin ieșirile lui LOGO! (9) sunt comandate cele 4 elemente de execuție ale subsistemului de irigație (o pompă (16) și 3 electrovalve (13 și 21)). Pentru comunicarea dintre utilizator și proces, în subsistemul de automatizare, este folosit panoul-operator KTP600 (8). Toate cele trei componente enumerate anterior comunică între ele pe magistrala Profinet prin intermediul unui comutator electronic CSM 1277 (7), cu 4 porturi RJ45. Cel de-al 4-lea port RJ45 este folosit pentru a conecta subsistemul echipamentelor de automatizare cu serverul (4) subsistemului de senzori, în vederea transmiterii datelor achiziționate. Pentru programarea modulului PLC *Master* (6) s-a utilizat stația de programare (5) și pachetul TIA Portal cu software industrial *Step 7*, folosind metoda bazată pe *Ladder Diagram* (LAD). Programarea panoului-operator KTP600 (8) s-a realizat folosind un alt software industrial, *WinCC Flexible RT*, iar modulul PLC LOGO! (9) a fost programat folosind pachetul software *LOGO! Soft Comfort*. Sistemul de control automat este implementat în echipamentul *Master S7-1200* (6), folosind atât un algoritm de reglare bipozițional, cât și un algoritm de reglare de tip PID. Pentru programare și mentenanță se folosește stația de programare (5), atât serverul (4) cât și stația de programare (5) având conexiune permanentă la Internet.

Subsistemul de irigație este compus din două bazine cu apă (14 și 18), 4 elemente de execuție (13, 16 și 21), 6 senzori de nivel (17 și 19), un element de închidere de tip flotor (15), conducte de alimentare cu apă și elemente de instalații pentru realizarea conexiunilor între conducte. Primul bazin cu apă este un bazin tampon (14), alimentat direct de la rețeaua generală de apă, iar al doilea este un bazin (18) pentru irigarea propriu-zisă a plantelor. Elementele de execuție folosite sunt următoarele:

- două electrovalve (21) de tip normal-închis (NI), cu bobină de 24V DC, ce se caracterizează prin faptul că valva electrică se deschide doar la alimentarea bobinei cu energie. În sistemul de irigație, aceste electrovalve se folosesc pentru alimentarea a două canale de irigație separate; aceste elemente de execuție sunt cuplate la primele două ieșiri – Q1 și Q2 (dintre cele 4) ale automatului programabil LOGO! (9), de la care primesc și tensiunea de alimentare;
- o electrovalvă (13) de tip normal-deschis (ND), cu bobina de 220V AC; aceasta se caracterizează prin faptul că valva electrică se închide doar la alimentarea bobinei cu energie; în sistemul de irigație propus, se folosește o singură electrovalvă de tip ND, pentru închiderea alimentării generale cu apă a bazinului tampon; acest element de execuție este cuplat la ieșirea Q3 a automatului programabil LOGO! (9), fiind alimentat cu tensiunea de 220V AC de la rețea, prin circuitul cu închidere de tip releu al automatului;
- o pompă (16), care face parte din categoria mini-pompelor submersibile, având tensiunea de alimentare de 12V DC, debitul maxim de apă de 10 l/min și o putere de urcare a apei până la o înălțime de 6 m; această mini-pompă poate funcționa în regim continuu timp de 30 de minute, după care trebuie să urmeze o pauză de alte 30 de minute; pentru sistemul de irigație propus, această perioadă este mai mult decât suficientă, deoarece mini-pompa are sarcina de a realiza transferul de apă din bazinul tampon (14) în bazinul de irigare efectivă (18); pompa (16) este cuplată la ieșirea Q4 a automatului programabil LOGO! (9).

Cei 6 senzori de nivel (17 și 19), cu flotor magnetic orizontal, sunt plasați în interiorul celor două bazine (14 și 18), pentru monitorizarea nivelului apei. Valoarea pe care o transmite acest tip de senzor este una bipolară, de tip închis (*on*) / deschis (*off*). Elementul de acționare de tip flotor este folosit pentru închiderea alimentării cu apă a bazinului tampon (14), de la conducta principală de alimentare, respectiv pentru închiderea alimentării cu apă a bazinului al doilea (18), de irigare efectivă, prin oprirea pompei (16) din bazinul tampon (14).

Ultimul subsistem este cel de comunicație, care folosește tehnologii moderne (Profinet, transmisie radio), prin intermediul căruia se realizează interacțiunea între subsistemele descrise anterior. Pornind de la valorile preluate din teren de către senzori și până la comenzile furnizate de către rețeaua de automate programabile, întregul flux de date îndeplinește sarcina de a monitoriza parametrii de mediu (sol și aer) într-un spațiu închis (seră) și are rolul de a menține, prin irigare, în limitele impuse de către utilizator, necesarul de apă pentru o serie de plante aflate în locația respectivă.

În urma realizării modelului experimental al sistemului automat de control al procesului de irigație, s-au obținut rezultate foarte bune în ceea ce privește evoluția în timp a parametrilor de interes din mediul ecologic monitorizat. Astfel, în urma testelor, s-a putut observa contribuția pe care a adus-o această instalație de control automat la îmbunătățirea nivelului de confort al plantelor de interior (mediu de seră). S-au analizat comparativ perioadele de timp în care nu a fost instalat sistemul automat de control al irigației plantelor cu acelea din timpul funcționării acestuia. Astfel, s-a observat cu ușurință faptul că, în perioada în care sistemul automat a funcționat, valoarea parametrului de umiditate a solului s-a menținut în interiorul unui „tub de încredere” generat de referințele impuse algoritmului de reglare automată de la nivelul echipamentului *Master S7-1200* (6), în timp ce, pe parcursul perioadelor anterioare, acest parametru a avut o variație haotică, cu salturi bruște în momentele de udare manuală.



## Revendicări

1. **Sistem automat de irigație**, folosind o **rețea radio și echipamente de control**, caracterizat prin aceea că utilizează senzori cuplați la noduri cu transmisie radio (fără fir) pentru măsurarea parametrilor de mediu din ecosisteme în spațiu închis, cum ar fi serele.
2. **Sistem automat de irigație**, conform Revendicării 1, caracterizat prin aceea că datele provenite de la senzori sunt stocate și gestionate în baze de date pe un server, colectând, prin intermediul unei baze radio, toate valorile măsurate ale parametrilor din mediul considerat.
3. **Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că, la nivelul serverului de date, s-a configurat o aplicație bazată pe o interfață cuplată la internet, care poate gestiona și monitoriza valorile parametrilor de mediu, asigurând, totodată, informații despre funcționarea rețelei.
4. **Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că serverul de achiziție a datelor comunică cu echipamentul central al subsistemului de control, pe post de *Master*, reprezentat prin modulul PLC Simatic S7-1200, printr-un protocol de comunicație dedicat, de tip ModbusTCP, folosind magistrala de comunicație industrială Profinet.
5. **Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1, 2, 3 și 4, caracterizat prin aceea că subsistemul de control este astfel configurat încât reprezintă o rețea de comunicație de tip Profinet, care înglobează echipamente de tip PLC (Simatic S7-1200 și Simatic LOGO!) și de tip HMI (Simatic KTP600). Astfel, se realizează controlul automat al procesului de irigație, asigurându-se, totodată, și comunicarea locală dintre utilizator și proces, prin panoul-operator cu ecran color și senzitiv (*touch screen*).
6. **Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1, 2, 3, 4 și 5, caracterizat prin aceea că, la nivelul echipamentului *Master*, sunt prelucrate valorile parametrului de interes (umiditatea din sol), iar comenzile rezultate în urma procesării sunt preluate de către echipamentul *Slave*, acesta fiind cel care distribuie sarcinile mai departe către elementele de execuție (pompă și electrovalve).

Desen explicativ

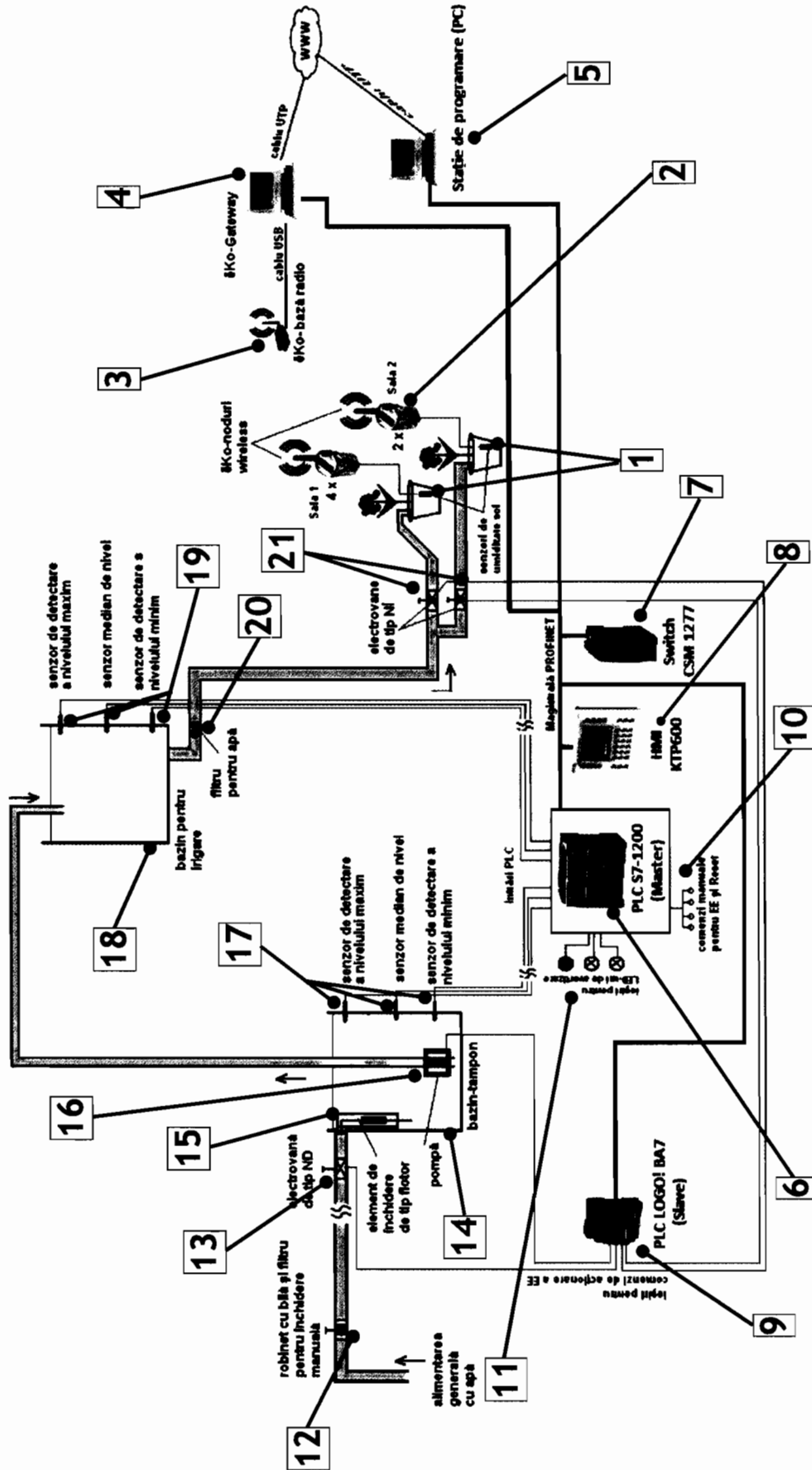


Fig. 1. Arhitectura completă de monitorizare și control în procesul de irigație.



## Descrierea invenției

Invenția se referă la un produs constituit dintr-o instalație bazată pe o arhitectură distribuită, pentru achiziția și monitorizarea parametrilor de mediu din ecosisteme în spațiu închis (cum ar fi serele), precum și pentru controlul automat al procesului de irigație a plantelor din arealul considerat.

Domeniul invenției are aplicabilitate în agricultură și botanică, susținând latura aplicativă din domeniul mai larg al automatizării proceselor de mediu.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este cea a implementării unei instalații complexe de conducere, care asigură toate etapele necesare menținerii, în condiții optime, a climatului favorabil creșterii plantelor pe suprafețe acoperite (sere).

Se cunosc diferite procedee/metode privind conducerea proceselor de mediu și producerea de diferite instalații de irigație, atât pentru mediul de seră, cât și pentru suprafețe agricole de diferite dimensiuni, însă, în urma cercetărilor facute de echipa noastră, nu au fost întâlnite alte brevete asemănătoare cu cel propus în prezenta propunere. Această afirmație este susținută și de faptul că nu au fost găsite aplicații care să înglobeze toate modulele din arhitectura propusă în această invenție. Astfel, există o multitudine de procedee și instalații de irigație pentru sere (în țări precum Olanda sau Belgia) sau terenuri agricole (în SUA, Franța, Spania, Italia, Australia sau Brazilia). Dezavantajul acestora îl constituie faptul că niciuna nu înglobează atât module de achiziție de date folosind senzori cu transmisie radio, posibilitatea de monitorizare de la distanță a datelor, stocarea parametrilor în server de date pe o perioadă îndelungată, cât și interconectarea sistemului de achiziție de date la sistemul de control bazat pe echipamente PLC, prin magistrala de comunicație industrială de tip Profinet, cu implementarea unui protocol de comunicație dedicat, de tip ModbusTCP. Totodată, trebuie ținut cont și de consumul de energie sau de apă pe care îl implică o astfel de instalație complexă, acesta putând deveni, peste anumite limite, un factor destul de costisitor.

Conform invenției de față, instalația propusă rezolvă problemele tehnice enunțate și atenuază dezavantajele menționate, prin aceea că, folosind rețeaua de senzori cu transmisie radio se înlătură utilizarea cablurilor de legătură, care sunt costisitoare și ar strâmtora spațiul serelor sau ar perturba deplasarea utilajelor agricole. Totodată, consumul de energie se reduce sensibil, prin folosirea nodurilor cu transmisie radio, care utilizează energia solară și acumulatori reîncărcabili (de tip R6/AA, 2000 mAh) pentru alimentare. Subsistemul dedicat monitorizării mediului de seră (aer și sol) integrează o nouă generație de senzori de tip *Watermark*. Totodată, tehnologia radio de comunicație oferă achiziția în timp real, gestionarea în baze de date și monitorizarea locală sau de la distanță a datelor furnizate de senzorii din teren, prin intermediul unei interfețe grafice prietenoase cu utilizatorul. Se realizează, de asemenea, controlul umidității solului și menținerea unui anumit nivel pentru parametrii de interes ai procesului, ținând cont și de elementele de fiabilitate și securitate pe care le implică un astfel de produs.

Produsul propus în cadrul invenției prezintă următoarele avantaje:

- instalația asigură menținerea parametrilor unui ecosistem între limitele impuse, cu referire la spațiile închise, acoperite, cum ar fi serele, putând fi extinsă și pentru suprafețe agricole (în aer liber);

- se utilizează o rețea de senzori cuplați la noduri cu transmisie radio, înlăturându-se, astfel, cablurile de legătură;
- nodurile cu transmisie radio au alimentare duală, folosind atât energia solară (pe timp de zi), cât și acumulatori reîncărcabili (pe timp de noapte);
- se poate extinde foarte ușor rețeaua de senzori prin introducerea în sistem de noi senzori/noduri, protocolul de comunicație fiind unul de tip „plasă” (XMesh), în care fiecare nod poate comunica cu toate celelalte noduri;
- se poate realiza achiziția datelor de proces, în vederea monitorizării locale (prin intermediul panoului-operator de tip HMI) sau de la distanță (prin intermediul unei interfețe interactive cuplate la internet) a variațiilor parametrilor;
- datele sunt stocate într-o bază de date, în vederea prelucrărilor ulterioare (spre exemplu, prin folosirea algoritmilor de predicție a seriilor de timp);
- s-a realizat cuplarea sistemului de senzori cu sistemul de control alcătuit din automate programabile, prin implementarea unui protocol de comunicație dedicat, bazat pe ModbusTCP, care utilizează comunicația pe magistrala industrială Profinet;
- sistemul de control eficient al procesului de irigație se bazează pe utilizarea unor echipamente de automatizare moderne și fiabile, precum: automate programabile de producție SIEMENS (Germania), sistem de senzori cu transmisie radio de producție MEMSIC (SUA), elemente de acționare (electrovalve) de producție Fantini (Italia), mini-pompe submersibile de producție Barwig (Germania) și senzori de nivel de producție Meder (Germania);
- apa folosită în procesul de irigație este consumată eficient, prin faptul că se utilizează exact cantitatea necesară plantelor, prin stabilirea prealabilă a limitelor corespunzătoare parametrilor de umiditate a solului.

În continuare, se dă exemplul instalației implementate pentru monitorizarea și controlul eficient al unui microclimat optim dezvoltării plantelor în mediu acoperit (de seră), în legătură cu Figura 1, care reprezintă arhitectura completă a produsului.

Pentru proiectarea și implementarea instalației propuse, s-a considerat o arhitectură alcătuită din 4 subsisteme: subsistemul de senzorică și achiziție a datelor, cu ajutorul căruia sunt preluate datele din mediul de creștere al unor plante de interior; subsistemul de reglare automată, care preia datele de la sistemul de senzori și le prelucrează, cu scopul de a furniza comenzile necesare menținerii unui climat optim pentru dezvoltarea plantelor; subsistemul de irigare efectivă, ce integrează elemente de execuție și senzori de nivel, care acționează conform cerințelor sistemului de control; subsistemul de comunicație, care înglobează tehnologia indispensabilă pentru interacțiunea dintre subsisteme.

Fluxul de date și comenzi care are loc în cadrul sistemului integrat se prezintă astfel: subsistemul de conducere cu automate programabile interconectate preia datele achiziționate de subsistemul de senzori cu transmisie radio, iar procesul de irigație se realizează folosind elemente de acționare, senzori de nivel și două bazine cu apă. Pentru realizarea comunicației între subsistemele întregii arhitecturi, s-au folosit protocele de comunicație Profinet/Ethernet și comunicație radio. Subsistemul de control automat al procesului folosește un PLC pe post de *Master* (Simatic S7-1200) (6)

care este conectat, prin magistrala Profinet, la un panou-operator cu ecran sensibil la atingere (Simatic HMI KTP600) (8) și la un PLC pe post de *Slave* (Simatic LOGO!) (9). Trecerea la subsistemul de irigație se realizează prin conexiunile la elementele de acționare (o pompă (16) și trei electrovalve (13 și 21)) și senzorii de nivel din cele două bazine. În altă ordine de idei, partea de interfață cu procesul de control se realizează fie prin interfațare locală, asigurată de panoul-operator (8) cu ecran color și de panourile automatelor programabile, fie prin monitorizare de la distanță, asigurată de interfața Web.

Componenta *software* este asigurată, pe de o parte, de pachetul TIA Portal de *software* industrial bazat pe limbajele specializate *STEP 7* și *WinCC flexible RT* (de timp real), pentru programarea echipamentelor de automatizare S7-1200 (6), KTP600 (8), și *LOGO! Soft Comfort* (pentru programarea echipamentului LOGO! (9)), iar, pe de altă parte, de limbajele de programare C (pentru realizarea comunicației dintre serverul (4) de achiziție a datelor și S7-1200 (6)), *HTML*, *JavaScript* și *PHP* (pentru realizarea interfeței Web).

Componentele *hardware* ale subsistemului cu transmisie radio sunt: serverul (4) de achiziție a datelor, baza radio EB2110 (3), nodurile radio EN2100 (2) și senzorii (1). Senzorii (1) folosiți în această aplicație sunt: ES1101 – senzor de umiditate și temperatură sol, ES1110 – senzor pentru cantitatea de apă din sol, ES1201 – senzor de umiditate și temperatură ambient, ES1301 – senzor de umiditate la nivel de frunză și ES1401 - senzor de radiație solară. Pentru a realiza un proces de irigație eficient, sistemul de senzori monitorizează în permanență o serie de parametri specifici mediului controlat, dintre care doi parametri sunt de interes: umiditatea solului (măsurată în centibari [cbar]) și cantitatea de apă din sol (măsurată ca procent din volum [%wfv], *water fraction volume*). Componenta centrală a subsistemului de achiziție și monitorizare a datelor este serverul (*Gateway*) (4) care rulează o distribuție de Linux Debian 4.0. Flexibilitatea oferită de sistemul de operare Linux a permis integrarea și implementarea mai multor pachete *software*. Unul dintre acestea, denumit *SiriusTCP*, a fost implementat în vederea realizării comunicației dintre echipamente, respectiv comunicația dintre server (4) și automatul programabil S7-1200 (6) pe magistrala Profinet, folosind protocolul de comunicație ModbusTCP. Alte pachete *software* au fost create pentru realizarea unei interfețe de monitorizare pe internet a parametrilor și de control de la distanță a elementelor de execuție în procesul de irigație, interfață bazată pe serverul http *Apache* și pe limbajul de programare *PHP*. Serverul (4) are ca echipament periferic (conectat printr-o interfață USB) o bază radio (3), prin intermediul căreia se recepționează date de la 6 noduri cu transmisie radio, folosind protocolul de comunicație *X-Mesh* (de tip „plasă”). Fiecare nod (2) este prevăzut cu 4 porturi, unde pot fi conectați diverși senzori (1) amintiți anterior. Componenta *software* a acestui subsistem se numește *eKo-View* și reprezintă o interfață cuplata la internet, prin intermediul căreia se configurează și se gestionează subsistemul de senzori, rezultatul fiind acela de achiziție și monitorizare (locală sau de la distanță) a tuturor valorilor parametrilor procesului, printr-o serie de grafice intuitive. Astfel, datele sunt stocate într-o bază de date de tip *SQLite*, realizând eșantionarea separată a datelor cu perioade de o oră, 6 ore, o zi, o săptămână, o lună, 6 luni și un an. Totodată, această interfață oferă date și despre starea nodurilor (2) rețelei de senzori.

Componenta centrală este constituită de subsistemul echipamentelor de automatizare, cu rol de *Master*. Acesta este construit în jurul unui PLC Simatic S7-1200 (6) cu CPU 1214C. Avantajul major al acestui model îl constituie prezența în configurația implicită a automatului (6) atât a interfeței de comunicație Profinet, cât și a celor 14 intrări digitale, 2 intrări analogice și 10 ieșiri digitale încorporate. La nivelul echipamentului *Master* (6), sunt integrate comenzile manuale pentru elementele de execuție. Tot aici, sunt conectați senzorii de nivel (17) și (19) din cele două bazine cu apă (14) și (18). O altă componentă o reprezintă automatul programabil LOGO! BA7 (9), cu rol de *Slave*. Acest modul are integrată interfața de comunicație Profinet și un număr de 8 intrări / 4 ieșiri digitale. Prin ieșirile lui LOGO! (9) sunt comandate cele 4 elemente de execuție ale subsistemului de irigație (o pompă (16) și 3 electrovalve (13) și (21)). Pentru comunicarea dintre utilizator și proces, în subsistemul de automatizare, este folosit panoul-operator KTP600 (8). Toate cele trei componente enumerate anterior comunică între ele pe magistrala Profinet prin intermediul unui comutator electronic (*switch*) CSM 1277 (7), cu 4 porturi RJ45. Cel de-al 4-lea port RJ45 este folosit pentru a conecta subsistemul echipamentelor de automatizare cu serverul (4) subsistemului de senzori (1), în vederea transmiterii datelor achiziționate. Pentru programarea modului PLC *Master* (6) s-a utilizat stația de programare (5) și pachetul TIA Portal cu software industrial *Step 7*, folosind metoda bazată pe *Ladder Diagram* (LAD). Programarea panoului-operator KTP600 (8) s-a realizat folosind un alt software industrial, *WinCC Flexible RT*, iar modulul PLC LOGO! (9) a fost programat folosind un software LOGO! *Soft Comfort*. Sistemul de control automat este implementat în echipamentul *Master* S7-1200 (6), folosind atât un algoritm de reglare bipozițional, cât și un algoritm de reglare de tip PID. Pentru mentenanță se folosește stația de programare (5), atât serverul (4), cât și stația de programare (5) având conexiune permanentă la Internet.

Subsistemul de irigație este compus din două bazine cu apă (14) și (18), 4 elemente de execuție (13, 16 și 21), 6 senzori de nivel (17) și (19), un element de închidere de tip flotor (15), conducte de alimentare cu apă și elemente de instalații pentru realizarea conexiunilor între conducte. Primul bazin cu apă este un bazin tampon (14), alimentat direct de la rețeaua generală de apă, iar al doilea este un bazin (18) pentru irigarea propriu-zisă a plantelor. Elementele de execuție folosite sunt următoarele:

- două electrovalve (21) de tip normal-închis (NI), cu bobină de 24V DC, ce se caracterizează prin faptul că valva electrică se deschide doar la alimentarea bobinei cu energie. În sistemul de irigație, aceste electrovalve se folosesc pentru alimentarea a două canale de irigație separate. Aceste elemente de execuție sunt cuplate la primele două ieșiri – Q1 și Q2 (din cele 4) ale automatului programabil LOGO! (9), de la care primesc și tensiunea de alimentare;
- o electrovalvă (13) de tip normal-deschis (ND), cu bobina de 220V AC; aceasta se caracterizează prin faptul că valva electrică se închide doar la alimentarea bobinei cu energie; în sistemul de irigație propus, se folosește o singură electrovalvă de tip ND, pentru închiderea alimentării generale cu apă a bazinului tampon; acest element de execuție este cuplat la ieșirea Q3 a

automatului programabil LOGO! (9), fiind alimentat cu tensiunea de 220V AC de la rețea, prin circuitul cu închidere de tip releu al automatului;

- o pompă (16), care face parte din categoria mini-pompelor submersibile, având tensiunea de alimentare de 12V DC, debitul maxim de apă de 10 l/min și o putere de urcare a apei până la o înălțime de 6 m; această mini-pompă poate funcționa în regim continuu timp de 30 de minute, după care trebuie să urmeze o pauză de alte 30 de minute; pentru sistemul de irigație propus, această perioadă este mai mult decât suficientă, deoarece mini-pompa are sarcina de a realiza transferul de apă din bazinul tampon (14) în bazinul de irigare efectivă (18); pompa (16) este cuplată la ieșirea Q4 a automatului programabil LOGO! (9).

Cei 6 senzori de nivel (17 și 19), cu flotor magnetic orizontal, sunt plasați în interiorul celor două bazine (14 și 18), pentru monitorizarea nivelului apei. Valoarea pe care o transmite acest tip de senzor este una bipolară, de tip închis (*on*) / deschis (*off*). Elementul de acționare de tip flotor este folosit pentru închiderea alimentării cu apă a bazinului tampon (14), de la conducta principală de alimentare, respectiv pentru închiderea alimentării cu apă a bazinului al doilea (18), de irigare efectivă, prin oprirea pompei (16) din bazinul tampon (14).

Ultimul subsistem este cel de comunicație, care folosește tehnologii moderne (Profinet, transmisie radio), prin intermediul căruia se realizează interacțiunea între subsistemele descrise anterior. Pornind de la valorile preluate din teren de către senzori și până la comenzile furnizate de către rețeaua de automate programabile, întregul flux de date îndeplinește sarcina de a monitoriza parametrii de mediu (sol și aer) într-un spațiu închis (seră) și are rolul de a menține, prin irigare, în limitele impuse de către utilizator, necesarul de apă pentru o serie de plante aflate în locația respectivă.

În urma realizării modelului experimental al sistemului automat de control al procesului de irigație, s-au obținut rezultate foarte bune în ceea ce privește evoluția în timp a parametrilor de interes din mediul ecologic monitorizat. Astfel, în urma testelor, s-a putut observa contribuția pe care a adus-o această instalație de control automat la îmbunătățirea nivelului de confort al plantelor de interior (mediu de seră). S-au analizat comparativ perioadele de timp în care nu a fost instalat sistemul automat de control al irigației plantelor cu acelea din timpul funcționării acestuia. Astfel, s-a observat cu ușurință faptul că, în perioada în care sistemul automat a funcționat, valoarea parametrului de umiditate a solului s-a menținut în interiorul unui „tub de încredere” generat de referințele impuse algoritmului de reglare automată de la nivelul echipamentului *Master S7-1200* (6), în timp ce, pe parcursul perioadelor anterioare, acest parametru a avut o variație haotică, cu salturi bruște la momente de timp aleatoare.

## Revendicări

- 1. Sistem automat de irigație** caracterizat prin aceea că folosește o rețea radio și echipamente de control, utilizează senzori cuplați la noduri cu transmisie radio (fără fir) pentru măsurarea parametrilor de mediu din ecosisteme în spațiu închis, cum ar fi serele.
- 2. Sistem automat de irigație**, conform Revendicării 1, caracterizat prin aceea că un server stochează, gestionează și monitorizează datele (valorile măsurate ale parametrilor din mediul considerat, care sunt achiziționate de la senzori, prin intermediul unei baze radio) folosind o interfață grafică, prietenoasă cu utilizatorul, cuplată la internet, ce asigură totodată informații despre funcționarea rețelei.
- 3. Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1 și 2, caracterizat prin aceea că echipamentul central al subsistemului de control, cu rol de *Master*, reprezentat de modulul PLC Simatic S7-1200, realizează comunicația cu serverul de achiziție a datelor (printr-un protocol dedicat, de tip ModbusTCP, folosind magistrala de comunicație industrială Profinet), date pe baza cărora sunt elaborate comenzile de control automat.
- 4. Sistem automat de irigație**, conform Revendicărilor 1, 2 și 3, caracterizat prin aceea că echipamentul auxiliar al subsistemului de control, cu rol de *Slave*, este constituit dintr-o rețea de comunicație de tip Profinet, ce înglobează modulul PLC Simatic LOGO! și modulul HMI Simatic KTP600, prin care se transmit comenzile de control automat către elementele de execuție ale procesului de irigație, asigurând totodată și comunicarea locală dintre utilizator și proces, prin intermediul panoului operator cu ecran senzitiv color (*touch screen*).