

MONITORIZAREA ȘI DIAGNOZA STĂRII DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE ȘI ELECTROENERGETICE - INSTRUMENT DE ASIGURARE A REZILIENȚEI INGINEREȘTI ÎN PROIECTAREA ȘI REALIZAREA ACESTORA

Dr. ing. Dumitru SACERDOȚIANU, Dr. ing. Marcel NICOLA,
Dr. ing. Claudiu-Ionel NICOLA, Ing. Florica LĂZĂRESCU, Ing. Adrian VINTILĂ,
Ing. Camelia MARINESCU, Ing. Despina ROMAN, Drd. ing. Ancuța-Mihaela ACIU

Institutul Național de Cercetare, Dezvoltare și Încercări
pentru Electrotehnică – ICMET Craiova, Craiova, România

REZUMAT. Reziliența Sistemului Energetic Național reprezintă o necesitate pentru alimentarea în siguranță cu energie a consumatorilor. Echipamentele electrice și electroenergetice din sistemele energetice sunt monitorizate continuu deoarece s-a constatat că siguranța în funcționarea acestora cât și a consumatorilor alimentați de la acestea poate fi afectată de defecte ascunse și de degradarea lentă și ireversibilă a părților componente. Monitorizarea continuă a stării de funcționare constituie pilonul asigurării rezilienței Sistemului Energetic Național.

Cuvinte cheie: Sistem Energetic Național, reziliență, monitorizare continuă.

ABSTRACT. The resilience of the national energy system is a necessity for the secure supply of energy to consumers. Electrical and power equipment in energy systems is continuously monitored because it has been found that the safety of their operation and of the consumers supplied by them can be affected by hidden faults and slow and irreversible degradation of components. Continuous monitoring of operational status is the cornerstone of ensuring the resilience of the National Energy System.

Keywords: National Energy System, resilience, continuous monitoring.

1. INTRODUCERE

În ultimul timp pe plan mondial se pune din ce în ce mai mult problema mentenanței echipamentelor electroenergetice. Dacă până în prezent s-a folosit mentenanța bazată pe timp, cu revizii periodice, în ultimii ani se încearcă să se găsească soluții pentru trecerea la mentenanța pe bază de stare care permite reducerea costurilor, prelungirea duratei de viață a echipamentelor și reducerea riscurilor de cădere în exploatare cu consecințe grave. Realizarea unei mentenanțe bazată pe starea echipamentelor este posibilă doar prin monitorizarea on-line a funcționării acestora. Prin aplicarea mentenanței bazată pe stare se vor evita blackout-urile în Sistemul Energetic Național. Monitorizarea actuală a unităților de transformare vizează o exploatare sigură, cu extinderea duratei rămase de viață, în Sistemul Energetic Național. Pe baza

acestor date și a multor analize statistice prezentate în rapoarte CIGRE s-a impus necesitatea și eficiența echipării unităților de transformare cu sisteme de monitorizare și diagnosticare a stării.

În aceste condiții, monitorizarea on-line este una dintre cele mai folositoare metode de prelungire a duratei de viață până la limita timpului de cădere și înlocuirea activelor sau recuperarea acestora în ultimul moment. Prin promovarea unor tehnici și echipamente moderne de monitorizare on-line și diagnoză se poate urmări degradarea în timp, naturală sau accidentală, care dacă este identificată la timp și remediată nu produce evenimente grave care pot fi surse de avarii extrem de costisitoare pentru furnizorii de energie electrică cât și pentru consumatori și în același timp se poate prelungi durata de viață, optimiza programul de mentenanță, se pot reduce timpii de întrerupere și cheltuielile cu reparațiile.

MONITORIZAREA ȘI DIAGNOZA STĂRII DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

Preocupările permanente ale cercetătorilor de la ICMET Craiova se referă la analiza parametrilor care influențează starea trecerilor izolate [1], [5], starea uleiului [2], starea izolației solide, miezului, comutatorului de reglaj în sarcină și a sistemului de răcire, gaze dizolvate[3], descărcările parțiale [4], [6], [8], starea generală de sănătate a unității de transformare [9], starea înfășurărilor [7]. Echipamentele prezentate în lucrare au fost descrise în detaliu[10], [11], [12].

Echipamentele de monitorizare a stării de funcționare sunt destinate pentru echiparea echipamentelor electrice și electroenergetice aparținând companiilor: TRANSELECTRICA, NUCLEAR-ELECTRICA, HIDROELECTRICA, TERMO-ELECTRICA, DISTRIBUTIE ELECTRICA, etc.

2. ECHIPAMENT NUMERIC CONFIGURABIL PENTRU MONITORIZAREA STĂRII TRANSFORMATOARELOR ELECTRICE DE PUTERE

Echipamentul a fost implementat într-o configurație solicitată pentru monitorizarea unui transformator de 250MVA aparținând Complexului Energetic Oltenia.

Facilitățile echipamentului:

- intrări analogice 4, 8, 12 sau 16 canale, de tip semnal unificat sau neunificat, configurabile;
- intrări digitale de tip nivel de tensiune, 8, 16 sau 24 canale, configurabile ca număr de canale și ca nivel de tensiune;
- GPS intern, pentru sincronizarea ceasului de timp real;
- tensiune de alimentare 220Vcc/ca, +10/-15 %;
- MMI local (LCD alfanumeric, 2x16 caractere și tastatură matricială 2 x 4 taste);

- LED-uri (9 LED) pentru semnalizarea stării echipamentului;
- autotest de bună funcționare și semnalizarea pe panoul frontal, a stării de defect (LED - Funct);
- ieșire digitală de tip releu pentru semnalizarea stării de defect a echipamentului sau a lipsei de tensiune de alimentare a acestuia, contact basculant, 250Vcc, ca/2A;
- interfață FB232 pentru comunicația „în câmp” pe care este implementat un protocol compatibil RS485 (max 1000 m);
- interfață RS232 pentru dialog local în vederea monitorizării, configurării, parametrizării, etc (pe panoul frontal);
- software compatibil IBM-PC/AT pentru monitorizare locală, configurare, parametrizare, etc.
- software compatibil IBM-PC/AT pentru monitorizare la distanță (compatibilitate cu SERVER-ul de proces PC-07/104);
- software dedicat, compatibil IBM-PC/AT pentru analiza înregistrărilor și diagnosticare.



Fig. 1. Interfața grafică pentru operarea echipamentului și vizualizarea mărimilor monitorizate, pe calculatorul de monitorizare.



Fig. 2. Ansamblu transformator - echipament de monitorizare.

3. PLOT – 02. ECHIPAMENT ELECTRONIC CU MICROCONTROLLER DESTINAT OSCILOGRAFIERII ȘI ÎNREGISTRĂRII TIMPILOR DE COMUTARE

Este folosit la comutatoarele de reglaj sub sarcină care echepează unitățile de transformare de putere.



Caracteristici tehnice:

- tensiune de alimentare: 220 Vc.a., 50Hz;
- circuitul de măsură: tensiunea 15 Vc.c. \div 10%;
- temperatura de funcționare: 0 \div 50°C;
- temperatura de stocare: -20°C \div +70°C;
- precizia de măsurare: \pm 0,092 ms;
- baza de timp programabilă: 0,092 ms \div 11,759 ms;
- domeniu de măsură: $t = 1000 \times k \times 0,046$ ms ($k = 2 \div 255$);
- canale de măsură: 4;
- număr de intrări: 6; 4 intrări independente și 2 combinate;
- vizualizarea datelor: display grafic LCD 240 x 128 puncte;
- înregistrări memorate: 20;
- comunicație cu calculatorul prin interfață serială RS232;

- Program de comunicație cu calculatorul pentru transferul, prelucrarea, vizualizarea și tipărirea datelor: PLOTING;
- Grad de protecție: IP30;
- dimensiuni de gabarit: $L \times l \times h = 290 \times 200 \times 165$ [mm];
- greutatea: 2,1 kg.

4. SISTEM CU MICROPROCESOR PENTRU MONITORIZAREA ȘI PROTECȚIA TRANSFORMATOARELOR DE PUTERE TIP IMT 02 SE

Sistemul prezentat în fig.3 reprezintă o modernizare și extindere a funcțiilor aferente echipamentelor anterioare tip MONITRA IMT-02.

Sistemul a obținut PREMIUL AGIR PENTRU ANUL 2012 la secțiunea Inginerie Electrică, pentru concepția, realizarea și aplicarea în stațiile electrice de înaltă tensiune.

Noutatea produsului:

- ✓ echipamentul este conceput modular putând fi configurat în funcție de puterea transformatorului și cerințele operatorului economic;
- ✓ componentele modulare ale echipamentului pot fi amplasate în orice locație a stației de transformare în funcție de configurația acestuia și cerințele operatorului economic;
- ✓ Achiziția și transmiterea datelor pe fibră optică asigură imunitatea acestora la perturbațiile electromagnetice specifice stațiilor electrice de înaltă tensiune și o reducere importantă a cablurilor clasice de Cu.

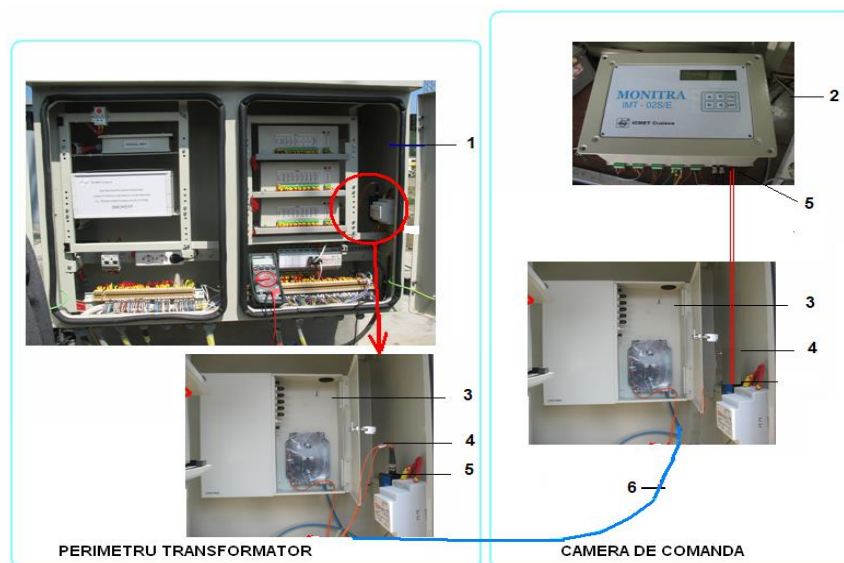


Fig. 3. Componența sistemului:

- 1 – cofret monitorizare; 2 – unitatea centrală IMT02SE; 3 – cutii fibră optică(în cofret și camera de comandă); 4 – patch cord; 5 – convertor RS232/FO; 6 – fibra optică.



Fig. 4. Ansamblu cofret sistem wireless:
a) unitate de achiziție, b) unitate centrală

5. SISTEM MULTIFUNCȚIONAL, ÎN TEHNOLOGIE WIRELESS

Se folosește pentru achiziția, monitorizarea și controlul parametrilor tehnologici în standurile de verificare la încălzire a transformatoarelor de putere

Sistemul (fig.4) permite achiziția mărimilor electrice și neelectrice din schema primară de forță (curenți, tensiuni, puteri, temperaturi), transmiterea în tehnologie wireless, către unitatea centrală de calcul a datelor, prelucrarea lor, afișarea și memorarea în unitatea de calcul în vederea analizei conform SR EN 60076-2/2002.

Structura sistemului cuprinde:

- 1 ansamblu sistem wireless unitate centrală;
- 1 ansamblu sistem wireless unitate de achiziție;
- 1 analizor Infratek 107A;
- 1 unitate de calcul (PC);
- 4 termocuple tip T;
- 1 traductor temperatură ulei (PT100).

Principalele caracteristici tehnice:

Sistemul multifuncțional în tehnologie wireless permite achiziția, prelucrarea, transmiterea, memorarea mărimilor pentru determinarea parametrilor de încălzire a transformatoarelor în standurile de încercare.

Mărimi măsurate

Temperatură ambiantă: $+5 \div 40^\circ\text{C}$

Temperatură ulei: $0 \div 180^\circ\text{C}$

Curenți și tensiuni în curent alternativ:

- curenți (în funcție de reductorii de curent ce echipează standul): $0 \div 5 \text{ A}$ ($0 \div 1 \text{ A}$) c.a.;
- tensiuni: $0 \div 150 \text{ Vc.a.}$

Curenți și tensiuni în curent continuu:

- curenți: $0 \div 50 \text{ Ac.c.}$
- tensiuni: $0 \div 30 \text{ Vc.c.}$
- puteri: $0 \div 29999 \text{ kW}$

Mărimi calculate în mod automat

- rezistențele ohmice ale înfășurărilor ;
- pierderile totale sau valoarea pierderilor la care s-a efectuat încercarea;
- supratemperatura uleiului;
- încălzirea înfășurărilor.

6. SISTEM DE MONITORIZARE ON-LINE A REGIMULUI TERMIC AL ÎNFĂȘURĂRILOR TRANSFORMATOARELOR DE MARE PUTERE ȘI ÎNALTĂ TENSIUNE,

Folosește senzori din fibră optică.

Sistemul (fig. 5) reprezintă o soluție de ultimă generație de supraveghere, monitorizare a temperaturii înfășurării folosind senzori de fibră optică și diagnoză a unităților de transformare, ce duce la creșterea gradului de securitate în alimentarea cu energie electrică.

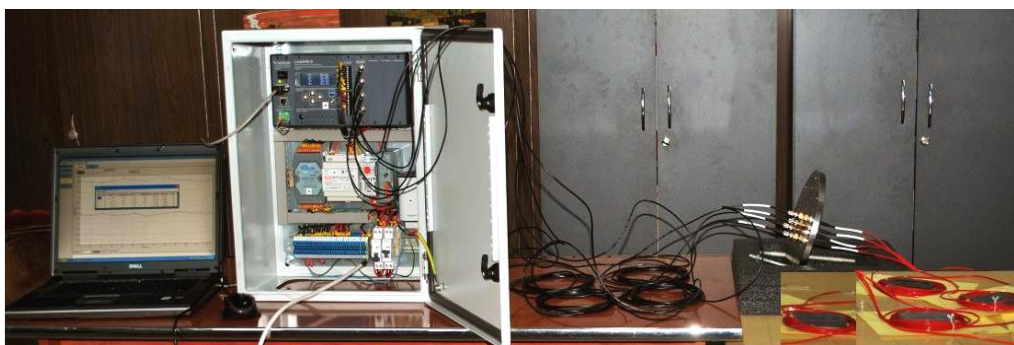


Fig. 5. Ansamblu sistem de monitorizare.

Sistemul de monitorizare realizat cuprinde:

- senzori cu fibră optică tip OTG-T cu tehnologie GaAs de producție LumaSENSE;
- flanșa de trecere cu conectorii optici de trecere ce se montează pe cuva transformatorului;
- cablurile de fibra optică de extensie ce fac conexiunea cu cofretul de monitorizare tip OEC de producție LumaSENSE;
- cofretul de monitorizare (fig. 6);
- unitatea de calcul;
- software de aplicație pentru vizualizarea, prelucrarea și stocarea datelor monitorizate.



Fig.6. Cofretul de monitorizare

Principalele caracteristici tehnice:

- ✓ Senzor cu fibră optică tip OTG-T, producție LUMASENSE:
 - tehnologie GaAs;
 - fibra de 62,5 μm;
 - domeniu de măsură: -40...+230°C;
 - lungime: 4m.
- ✓ Placa de trecere: AISI 304, f = 230mm cu treceri de fibră optică tip OFT instalate.
- ✓ Extensie de fibră optică, tip OEC, producție LUMASENSE:
 - fibra optică 62,5μm;
 - conectori ST;
 - lungime: 6m.
- ✓ Monitor tip LumaSHIELD:
 - 4 canale de intrare;
 - domeniu de măsură: -40...+230°C;
 - precizia de măsură de 0,8°C;
 - afișaj LCD;
 - ieșiri 4-20mA: câte o ieșire pentru fiecare canal de intrare;
 - port serial RS232 și RS485;
 - protocol de comunicație: SCPI, Modbus;
 - memorie: > 2.000.000 de măsurători;

- alimentare: 12...24Vcc, tipic 2,5W;
- temperatura mediului ambiant: -40...+75°C.
- ✓ Alimentare cofret: 220 Vca, 1,5A.

7. INSTALAȚIE DE MONITORIZARE ȘI DIAGNOSTICARE A UNITĂȚILOR ELECTRICE DE TRANSFORMARE

Este destinată instalațiilor dezvoltate la ICMET Craiova în concordanță cu cerințele actuale de piață (instalație de monitorizare AT 400 MVA și 200 MVA pentru Stația Electrică BRADU)

Instalația de monitorizare aferentă unităților de transformare AT1, AT2, AT3, AT4, din Stația Electrică Bradu este destinată să funcționeze în regim continuu și realizează măsurarea, înregistrarea și transmiterea on-line a parametrilor monitorizați (măsurăți / calculați) la un calculator din camera de comandă.

Instalația de monitorizare are în componență echipamente, traductoare, module de achiziție dintre cele mai performante și mai fiabile existente pe piață, fiecare aparat în sine provenind de la furnizori recunoscuți, și testați în exploatare la sistemele de monitorizare a unităților de transformare.

Arhitectura sistemului de monitorizare permite o strânsă interconectare între echipamente și posibilitatea centralizării informațiilor pe monitorul unui calculator dedicat monitorizării cât și integrarea în SCADA a mărimilor monitorizate pe Modbus TCP/IP.

Instalația de monitorizare on-line permite analiza parametrilor care influențează starea:

- uleiului;
- izolației solide;
- trecerilor izolate;
- înfășurărilor;
- miezului;
- comutatorului de reglaj în sarcină;
- sistemului de răcire.

Sistemul de transmisie cu fibră optică folosește circuite optice de transmisie și recepție (convertoare optoelectrice RS485/RS232/FO) prin intermediul unui mediu de fibră optică. S-a utilizat fibra optică multi-mode cu conector LC. Toate fibrele optice sunt conectate prin cutii de distribuție tip ODF, cu conectori LC.

Instalația de monitorizare este constituită din următoarele componente:

- dulapul de monitorizare din camera de comandă, inclusiv serverul de date.

Echipamentele din camera de comandă, aferente sistemului de monitorizare sunt amplasate într-un dulap de monitorizare specificat de beneficiar.

- cofretul de achiziție mărimi, montat în imediata vecinătate a autotransformatorului;

MONITORIZAREA ȘI DIAGNOZA STĂRII DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

- senzori, traductoare și echipamentele montate pe autotransformator.

Echipamentele aferente acestei instalații vor fi amplasate astfel:

➤ **în dulapul de monitorizare, tip rack 19”**

- unitatea de calculator (server date);
- switch comunicație și interfețele între diferitele căi de comunicație date;
- sursa 24Vcc;
- accesorii: siguranțe automate, rezistența de încălzire, termostat, lampa iluminat, cleme, KVM local.

➤ **în camera de comandă**

- monitorul color (LCD21”, full graphic), tastatura, mouse-ul, imprimanta color (format A3).

Monitorul color (LCD21”, full graphic), tastatura și mouse-ul se conectează la calculator prin KVM extender (remote).

➤ **pe unitatea de transformare**

- adaptoare, conectate la prizele de măsură ale izolatoarelor de Î.T. (400kV, respectiv 220kV), J.T. (220kV, respectiv 110kV) aferente tuturor celor trei faze;
- senzor de volum de gaz în releul Buchholz;
- echipamentul pentru determinarea conținutului apă și gaze în ulei, inclusiv senzorul;
- senzorii de temperatură ulei;
- traductoarele de nivel ulei.



a)



b)

Fig. 7. Cofretul (+UH3) de monitorizare.

a) vedere 1; b) vedere 2

În cofretul de achiziție mărimi: cofretul+UH3, (fig.8. a și b) sunt amplasate următoarele componente:

- echipament de monitorizare temperaturi ulei, temperaturi înfășurări, nivele ulei conservator cuva, respectiv comutator de reglaj;
- echipament de monitorizare treceri izolate;
- module achiziție mărimi electrice (ION6200);
- modulul de achiziție mărimi numerice de la bateriile de răcire (pompe și ventilatoare);
- modulul de achiziție mărimi analogice;
- modulul de achiziție semnale treceri izolate;
- modulul de achiziție parametrii comutator de reglaj;
- senzorul de temperatură ambiantă, inclusiv traductorul de temperatură (4-20mA);
- switch de comunicație și interfețele între căile de comunicație date;
- sursa 24 Vcc.;
- traductoarele de curent pentru circuitele transformatorului de curent incluse în trecerile izolate de pe faza S (400kV și 220kV, respectiv 220kV și 110kV) și de tensiune pentru circuitul de tensiune de la senzorii fazelor R, S și T (de 400kV și 220kV, respectiv 220kV și 110kV).

Comenzi externe:

- semnalizare (alarmare) după temperatura uleiului;
- semnalizare (alarmare) după temperatura înfășurărilor;
- semnalizare (alarmare) după temperatura miez;
- semnalizare (alarmare) la depășirea nivelului de H₂, CO, C₂H₂, C₂H₄ și H₂O în ulei;
- semnalizarea (alarmare) la depășirea nivelului de gaz în releul Buchholz;
- comanda automată a sistemului de răcire a transformatorului.

Software sistemului conține programe care permit:

- comunicarea cu calculatorul din camera de comandă;
- vizualizarea on-line a mărimilor monitorizate;
- analiza mărimilor monitorizate off-line;
- setarea parametrilor;
- test;
- diagnosticarea transformatorului în funcție de parametrii monitorizați;
- afișarea la distanță a parametrilor monitorizați printr-o interfață web utilizând un browser de internet;

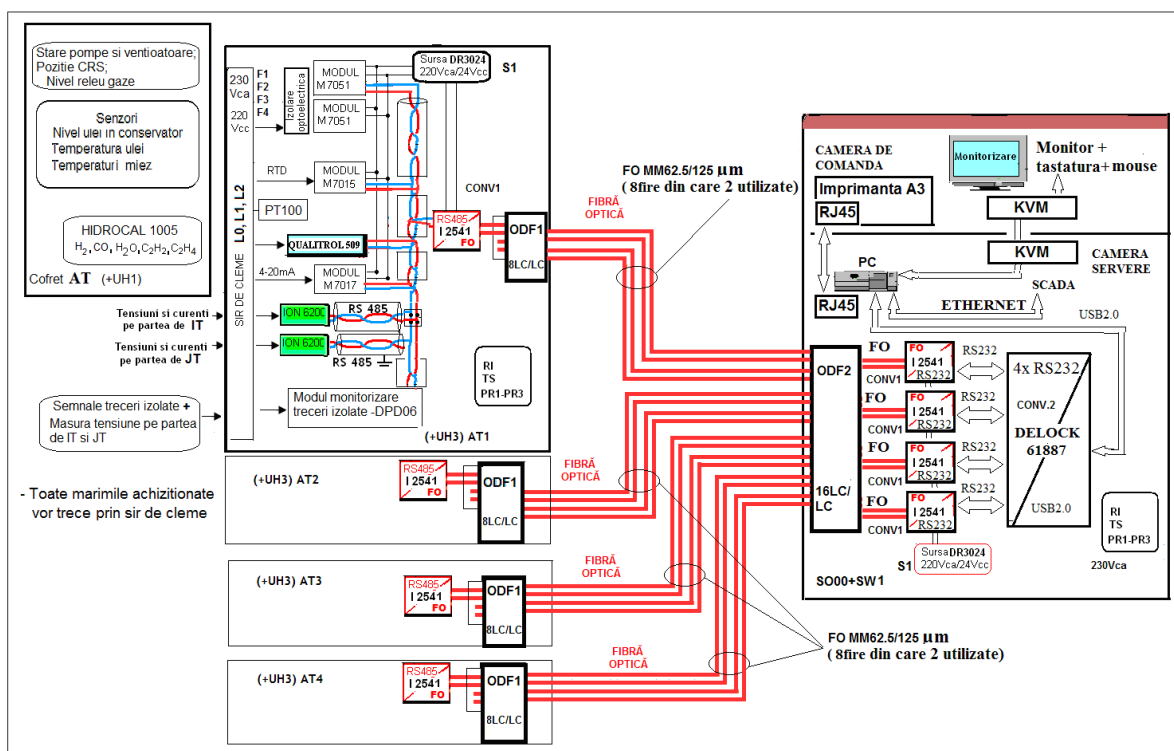


Fig. 8. Arhitectura instalației de monitorizare pentru unitățile de transformare AT1-AT4 (2 unități de 400 MVA și 2 unități de 200 MVA) din stația electrică Bradu Cofretul (+UH3) de monitorizare.

- afișarea sub formă grafică a variației parametrilor monitorizați pe un interval de timp setat de utilizator;
- posibilitatea alegerii de către utilizator a mărimilor care vor fi reprezentate simultan;
- posibilitatea setării parametrilor sistemului de monitorizare (inclusiv a pragurilor de alarmare/ Declansare);
- presetarea implicită a pragurilor de semnalizare după indicațiile Fabricantului unității de transformare;
- integrarea în SCADA (MODBUS TCP/IP).

Sistemul de monitorizare este prevăzut cu suficiente intrări și ieșiri astfel încât să permită monitorizarea și prelucrarea tuturor mărimilor precizate în Specificația Tehnică și în cerințele beneficiarului.

8. ECHIPAMENT DE MONITORIZARE A STĂRII POSTURILOR DE TRANSFORMARE

8.1. Echipament de monitorizare a stării posturilor de transformare. Varianta 1.

- Componența echipamentului este următoarea:
- cofret cutie 500 mm x 400 mm x 250 mm, IP 65;
 - circuit de alimentare 230V/50Hz (F1);

- circuit alimentare 24Vcc (SA);
- modul achiziție mărimi analogice M7017;
- modul achiziție mărimi analogice M7017 RMS (curenți și tensiuni MT);
- modul achiziție mărimi de stare M7051;
- modul achiziție mărimi analogice M7015;
- modul inteligent de tip WISE- 5801, pentru comunicație GSM.



Fig. 9. Echipament de monitorizare a stării posturilor de transformare. Varianta 1.

La nivelul fiecărui PT este instalat un sistem distribuit de achiziție a datelor compus, în această structură, din module de intrări analogice și digitale din

MONITORIZAREA ȘI DIAGNOZA STĂRII DE FUNCȚIONARE A ECHIPAMENTELOR ELECTRICE

seria M-7000 conectate într-o rețea de tip MODBUS RTU împreună cu un modul inteligent de tip WISE-5801, care are rol de master în această rețea MODBUS RTU locală. Modulul WISE-5801 asigură preluarea ritmică a datelor de la modulele de achiziție pentru mărimi analogice și digitale configurate în rețeaua MODBUS RTU locală iar, la cerere, aceste date sunt împachetate în mesaje predefinite (mesaje SMS WISE) și transmise la unul sau mai mulți destinatari GSM predefiniți în faza de configurare a sistemului de achiziție de la nivelul PT.

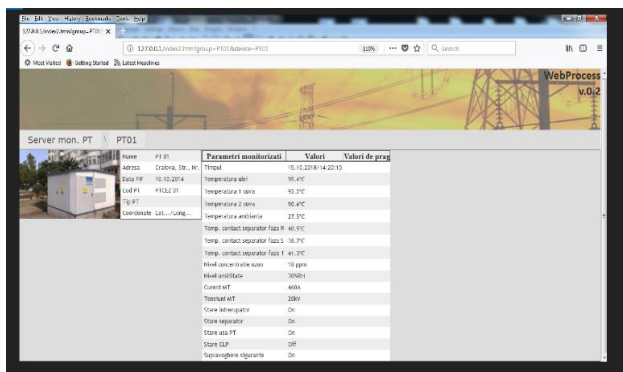
Pachetul SW care permite exploatarea resurselor sistemului de monitorizare PT cuprinde aplicația SW de monitorizare “MonGsmPT” și un server web dedicat “WebMonPT”. Aceste aplicații software rulează pe Serverul de monitorizare PT, instalat într-o locație corespunzătoare a beneficiarului (de exemplu într-un centru de comandă).

Aplicația SW de monitorizare “MonGsmPT” asigură comunicația cu echipamentele de achiziție a datelor instalate la fiecare PT monitorizat (pe infrastructura GSM, mesaje SMS WISE), preluarea valorilor parametrilor semnificativi de la acestea, stocarea și afișarea locală.

Aplicația este configurabilă, permite integrarea în configurație a PT sau, după caz, eliminarea unor PT din configurație. De asemenea “MonGsmPT” asigură compatibilitatea cu serverul WEB dedicat “WebMonPT”, care preia datele furnizate de această aplicație de monitorizare.

“WebMonPT” este o aplicație de tip server web care își actualizează datele în timp real de la “MonGsmPT” și este accesibil în rețeaua locală și în rețeaua internet pentru clienții web (cu un browser obișnuit). Paginile web furnizate de “WebProcess” permit accesul în timp real la datele de identificare și valorile parametrilor de funcționare ai fiecărui PT.

În pagina cu parametri monitorizați (fig.10) sunt afișați parametri din proces (PT), reîmprospătați ciclic.



Parametri monitorizați	Valori	Valori de prag
Tipul	15.10.2018 14:22:15	
Temperatura aer	90.4°C	
Temperatura 1 sara	92.3°C	
Temperatura 2 sara	90.4°C	
Temperatura antena	22.3°C	
Temp. contact separabil faza P	46.1°C	
Temp. contact separabil faza L	46.1°C	
Temp. contact separabil faza N	46.1°C	
Hidro. usc. antena	18 ppm	
Hidro. antena	30001	
Conductiv	4000	
Tensiuni aT	200V	
Stare intrare	On	
Stare separabil	On	
Stare usa PT	On	
Stare QLP	Off	
Supravoltag. separabil	On	

Fig. 10. Interfața cu parametri monitorizați.

Dacă reîmprospătarea nu se poate realiza (de ex. Timeout comunicare), parametri sunt afișați cu

culoarea roșie. La primirea de noi valori din proces, afișarea acestora revine la culoarea inițială.

8.2. Echipament de monitorizare a stării posturilor de transformare. Varianta 2.

Structura sistemului de achiziție a datelor pentru monitorizarea unui post de transformare este configurată în jurul modulelor de achiziție a datelor și comunicație pe suport GPRS din familia MOBICON, MT-151 și MT-202. Structura hardware este completată, în funcție de cerințe, cu module de achiziție din familia M-7000, compatibile MODBUS RTU pe suport RS485. La nivelul PT sunt utilizate facilitățile de comunicație locală pe RS485 cu protocol de date MODBUS RTU master, ale echipamentului MT-151.

Aceste facilități permit extinderea numărului și tipurilor de mărimi specifice PT care pot fi monitorizate, prin instalarea pe magistrală RS485-MODBUS RTU a diverselor module de achiziție a datelor din seria M-7000 (ex. M-7015, M-7017, etc.).



Fig. 11. Echipament de monitorizare a stării posturilor de transformare. Varianta 2.

La nivelul serverului de monitorizare este instalat un modul MODICON de tip MT-202 care asigură preluarea pe GPRS a datelor de la PT prin intermediul MT-151 și furnizarea acestora printr-un protocol MODBUS RTU, pe RS232 (COM) serverului de monitorizare. Ulterior serverul de monitorizare poate fi integrat în sistemul informatic al beneficiarului final.

Pachetul software elaborat este compus din următoarele aplicații software:

- aplicația software MFCRead rulează la nivelul serverului de monitorizare și asigură achiziția continuă a datelor aferente PT, procesarea,

afișarea în timp real și stocarea acestora într-o bază de date cu structură predefinită;

- aplicația software ModbusGW. Aplicația MFCRead este dezvoltată astfel încât să preia datele conform unui protocol MODBUS RTU.

În aceste condiții, în paralel cu aplicația MFCRead, va rula un convertor de protocol (ModbusGW) care pe lângă conversia MODBUS TCP la MODBUS RTU permite și reorganizarea regiștrilor MODBUS astfel încât să fie mai ușor de gestionat de către aplicația MFCRead.

- aplicația software DatePTexport pentru conversia datelor stocate în baza de date, în format Excel, care rulează la nivelul serverului de monitorizare sau pe un alt echipament de calcul pe care se realizează analiza datelor stocate (din baza de date).

Pentru configurarea componentelor hardware ale sistemului pentru achiziția datelor se utilizează aplicațiile de tip utilitar puse la dispoziție de furnizorii echipamentelor componente ale structurii de achiziție a datelor:

- aplicația software MTManager pentru configurarea modulelor MOBICON MT-151, MT-202, etc. (utilitar furnizat de producător);
- aplicațiile software DCON Utility sau DCON Utility Pro pentru configurarea modulelor din familia M-7000 (utilitare furnizate de producător).

Baza de date generată de aplicație este organizată în subdirectoare cu denumirea RecAN2021, RecAN2022, etc. În interiorul acestor subdirectoare

corespunzătoare unui an, sunt generate subdirectoarele pentru fiecare zi a anului, iar în subdirectorul asociat fiecărei zile sunt fișiere de tip .txt cu înregistrarea datelor pentru fiecare oră din zi.

Mărimile monitorizate sunt înregistrate ritmic la 500 msec. Formatul acestor fișiere este compatibil cu aplicația software DatePTexport, compatibilitatea fiind realizată prin intermediul unor fișiere de configurare.

9. SISTEM DE MONITORIZARE CONTINUĂ ȘI DIAGNOZĂ A BATERIILOR DE ACUMULATOARE (PROIECT 2023-2026)

Sistemele de monitorizare a stării bateriei de acumuloare (SMB) se ocupă de pachetele de baterii de acumuloare staționare din alimentarea de rezervă a stațiilor electrice de înaltă tensiune.

Acestea calculează parametrii bateriei, cu măsurători tipice efectuate pentru tensiunile celulei, curentul pachetului, tensiunea pachetului și temperatura pachetului. SMB utilizează aceste măsurători pentru a estima starea de încărcare (SOC), starea de sănătate (SOH), adâncimea de descărcare (DOD) și parametrii cheie operaționali ai celulelor/pachetelor de baterii.

Măsurătorile ajută, de asemenea, la creșterea duratei de viață a bateriei și la ținerea pasului cu cerințele rețelei de alimentare originale.

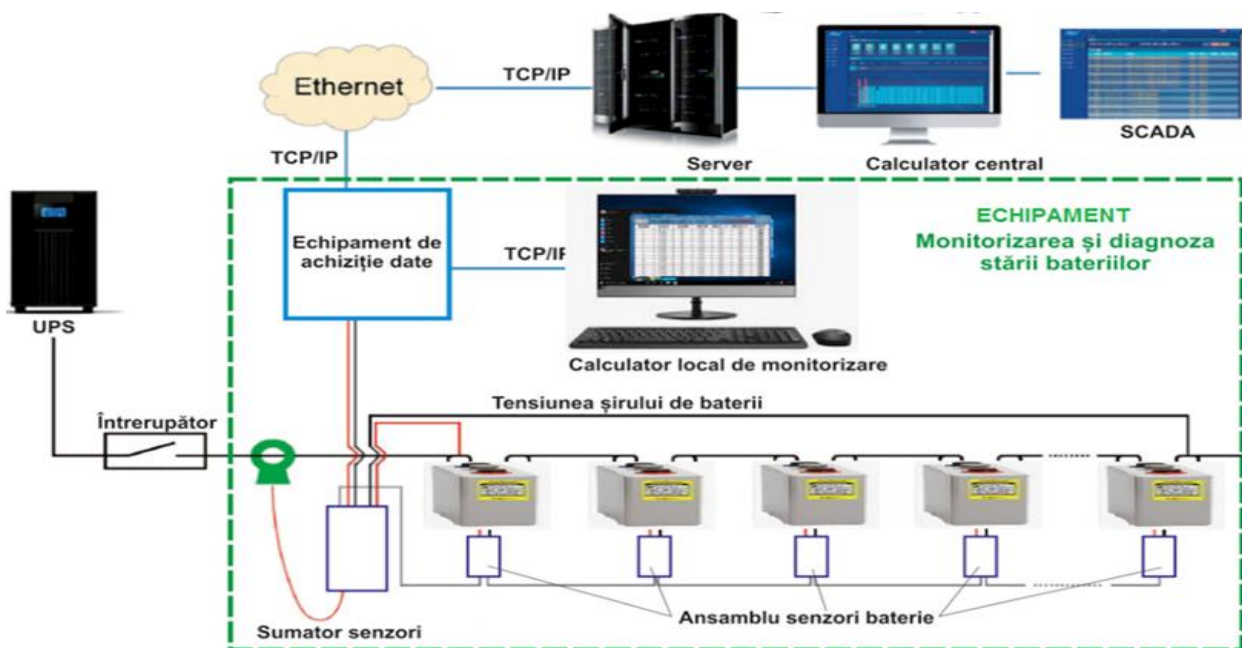


Fig. 12. Arhitectura sistemului de monitorizare.

10. CONCLUZII

- oferirea de date operative necesare unei integrări corespunzătoare în rețeaua Smart Grid;
- creșterea gradului de digitizare și funcționare în siguranță a rețelei de distribuție.
- sistemele de monitorizare concepute și realizate de specialiștii ICMET Craiova pot fi completate cu ușurință cu intrări suplimentare pentru orice tip de senzor, fără a afecta performanțele solicitate.

MULȚUMIRI

Această lucrare a fost realizată prin Programul-NUCLEU din cadrul Planului Național de Cercetare Dezvoltare și Inovare 2022- 2027, derulat cu sprijinul MCID, proiect nr. PN 23 33 02 02.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Badicu, L. V., Broniecki, U., Koltunowicz, W., Subocz, J., Zenker, M., and Mrozik, A., "Detection of bushing insulation defects by diagnostic monitoring," 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 64-68.
- [2] Cao, Zhan, Shengchang, J., Fan, Z., Zhiyuan, Pan, Xutao Wu and Lin, Xing "Study on the influence of oil temperature on power transformer vibration," 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 56-59.
- [3] Denissov, D., and Aleev, A. P., Integrated test van for maintenance and diagnosis of power transformers, 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 184-189.
- [4] Hikita, M. Recent progress in diagnosis of electric power apparatus using non-conventional partial discharge measurements, 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 9-13.
- [5] Jia Pengfei, Wu Chao, Guan Jianxin, Yu Xinru, Chen Shaojun and Huang Ting, The condition assessment of transformer bushing based on fuzzy logic, 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 469-472.
- [6] Kari, T., Gao, W., Liu, Y., Chen Yu-qiang and Hua Li, Condition assessment of power transformer using fuzzy and evidential theory, 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 28-31.
- [7] Miyazaki, S., et al., Proposal of objective criterion in diagnosis of abnormalities of power-transformer winding by Frequency Response Analysis, 2016 *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis (CMD)*, Xi'an, 2016, pp. 74-77.
- [8] Sacerdoțianu, D., *Contribuții la perfecționarea echipamentelor și tehnologiilor de monitorizare și diagnosticare a transformatoarelor de putere*, Teză de Doctorat, Universitatea din Craiova, 2010.
- [9] Sacerdoțianu, D., HUREZEANU, I., s.a. Compact Local System Designed for Power Transformers Monitoring - Type MONITRA Control Process, *Proceedings of the 49th International Universities Power Engineering Conference UPEC 2014*, 2-5 September 2014, Cluj-Napoca, Romania, ISBN: 978-1-4799-6557-1
- [10] Marcel NICOLA, Dumitru SACERDOTIANU, Marian DUTA, Dorin POPA, *Sisteme SCADA pentru monitorizarea echipamentelor electrice*, ELECTRA Publishing, 2011, Bucuresti, ISBN 978 – 606- 507 – 062 – 2.
- [11] Dumitru SACERDOTIANU, Marcel NICOLA, Ion PATRU, Anca PURCARU, *Contributii la perfecționarea echipamentelor de monitorizare si diagnosticare a transformatoarelor electrice de putere*, editura SITECH Craiova, Romania, 2017, ISBN 978-606-11-5995-6.
- [12] Marcel NICOLA, Dumitru SACERDOTIANU, Claudiu Ionel NICOLA, *Aplicații de automatica si SCADA in energetica si monitorizarea echipamentelor energetice*, Editura AGIR, București, 2021, ISBN 978-973-720-836-1

Despre autori

CS II Dr. ing. **Dumitru SACERDOTIANU**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A absolvit Universitatea din Craiova (1985), Facultatea de Electrotehnică și a obținut titlul de doctor în Științe inginerești, domeniul Inginerie electrică (2010). Este cercetător științific gradul II la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, autor de lucrări științifice, carti de specialitate și brevete premiate cu diplome și medalii de aur și argint la Târgurile internaționale de invenții de la Bruxelles, Budapesta, Zagreb, Cluj Napoca, Iași și București. A conceput și realizat mai multe tipuri de echipamente destinate monitorizării unităților de transformare. Domenii de interes: monitorizarea funcționării echipamentelor electroenergetice și electrice.

CS II Dr. ing. **Marcel NICOLA**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A obținut diploma de inginer în Știința sistemelor și a calculatoarelor, specializarea Automatică la Universitatea din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică în 1995 și diploma de master în Sisteme Automate Speciale, în 1997. Diploma de doctor în Automatică a fost obținută în anul 2004 la Universitatea din Craiova. Între 1997 și 2009 este angajat la Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice – ICMENERG Craiova, preocupările fiind legate de Proiecte și Programe de cercetare; Simulări numerice, Teoria Sistemelor Automate și Software pentru SCADA. Din 2009 este angajat al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică ICMET Craiova în cadrul Diviziei de Cercetare-Dezvoltare. Cercetările de interes sunt modelarea și simularea sistemelor și proceselor, conceperea și implementarea soluțiilor software și

REZILIENȚA INGINEREASCĂ

hardware în cazul sistemelor de achiziție de date pentru aplicații de monitorizare și control, dezvoltare modele și prototipuri; Responsabil/Director Proiecte/Programe de cercetare, Simulări matematice, Teoria Sistemelor Automate și Software pentru SCADA.

CS III Dr. ing. **Claudiu-Ionel NICOLA**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A obținut diploma de inginer în profilul Ingineria Sistemelor și a Calculatoarelor, specializarea Automatică și diploma de master în domeniul Ingineria Sistemelor, programul de studii Automatica Sistemelor Complexe în cadrul Facultății de Automatică, Calculatoare și Electronică - Universitatea din Craiova în anul 2003, respectiv în anul 2011. În 2022 a absolvit școala doctorală "Constantin Belea" a Facultății de Automatică, Calculatoare și Electronică - Universitatea din Craiova. Din ianuarie 2007 este angajat al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică ICMET Craiova în cadrul Diviziei de Cercetare-Dezvoltare. Cercetările de interes sunt modelarea și simularea sistemelor și proceselor, conceperea și implementarea soluțiilor software și hardware în cazul sistemelor de achiziție de date pentru aplicații de monitorizare și control, precum și, software pentru integrarea în sisteme SCADA.

IDT III Ing. **Florica LĂZĂRESCU**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A absolvit în 1985 Universitatea din Craiova, Facultatea de Electrotehnică, Secția Electromecanică. Este inginer de dezvoltare tehnologică IDT III la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova. A conceput și realizat mai multe tipuri de echipamente destinate monitorizării unitatilor de transformare. Domenii de interes: acționări electrice, monitorizarea funcționării echipamentelor electrice.

IDT I Ing. **Adrian VINTILĂ**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A absolvit Universitatea din Craiova, Facultatea de Mecanică, Secția Mașini Unelte, în anul 1986. Este inginer de dezvoltare tehnologică gradul I și autor de brevete care au fost premiate cu diplome și medalii de aur și argint la Târgurile internaționale de invenții de la Geneva, Bruxelles, Budapesta, Cluj Napoca și Iași. Domenii de interes: echipamente electromecanice, utilaje, sisteme și echipamente de încercare.

IDT II Ing. **Camelia MARINESCU**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A absolvit cursurile Universității din Craiova, Facultatea de Mecanică – Secția Tehnologia Construcțiilor de Mașini, în anul 1986. În prezent este inginer de dezvoltare tehnologică gradul II la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova și desfășoară activitatea de cercetare pentru dezvoltare de noi produse în domeniul echipamentelor electromecanice și a sistemelor de monitorizare, analiză și diagnosticare a echipamentelor electroenergetice.

IDT III Ing. **Despina ROMAN**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

A absolvit cursurile Universității din Craiova, Facultatea de Electrotehnică, în anul 1993. În prezent este inginer de dezvoltare tehnologică gradul III la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova. Este participant la proiecte dedicate monitorizării funcționării echipamentelor electrice. Domenii de interes: acționări electrice, monitorizarea funcționării echipamentelor electrice.

CS III Drd. ing. **Ancuța-Mihaela ACIU**

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, Craiova, România

Drd. ing. Ancuța-Mihaela ACIU este de profesie inginer electromecanic, absolventă a Facultății de Electromecanică - Universitatea din Craiova, doctorand în cadrul Școlii Doctorale de Inginerie Electrică și Energetică din Craiova. În prezent este angajată a Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare și Încercări pentru Electrotehnică - ICMET Craiova, cu funcția de Cercetător Științific gradul III. Cercetările de interes constau în tehnici și metode de monitorizare, mentenanță și diagnosticare a stării de funcționarea a transformatoarelor de mare putere. De asemenea, îmbunătățirea și/sau determinarea unor tehnici, metode, materiale care să ducă la prelungirea duratei de viață a unităților de transformare de mare putere.