

## Modulul 4 - Utilizarea eficientă e energiei în clădiri industriale

### 4.1. Incălzire, ventilare, climatizare, apă caldă de consum

#### A. SISTEME DE ÎNCĂLZIRE EFICIENTĂ A SPAȚIILOR

Încălzirea eficientă a spațiilor reprezintă asigurarea confortului termic în clădiri, locuințe, spații de producție, spații comerciale, mijloace de transport cu un consum minim de energie.

#### **Încălzirea cu apă caldă**

În cadrul sistemelor de încălzire care folosesc apă caldă și fierbinte, agentul termic are temperatură maximă de 95 °C. Agentul termic cu un potențial termic ridicat pleacă din cazan, de unde a preluat o cantitate importantă de căldură de la combustibilul ars și cedează căldura în rețeaua de conducte. Când agentul termic se răcește, se întoarce la cazan pe un alt drum și se reîncălzește. Acesta este un sistem cu circuit închis (Fig. 4.1.1).

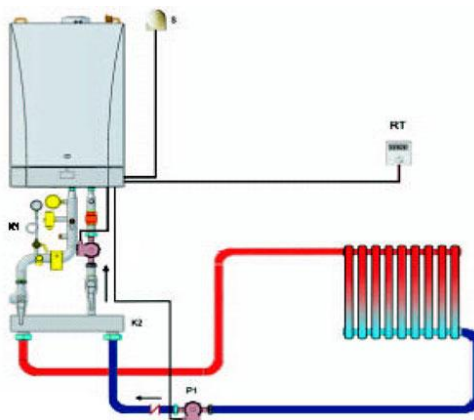


Fig. 4.1.1. Exemplu sistem de încălzire închis

Circulația apei în această instalație se poate face "natural" sau "forțat". Astfel, în cazul circulației naturale a apei aceasta se realizează datorită presiunii termice produsă prin diferența dintre densitatea apei din conducta de retur și cea a apei din conducta de tur. În cazul circulației forțate a apei există o pompă care asigură presiunea de care e nevoie pentru ca apa să se întoarcă la sursa de căldură pentru a-și relua ciclul.

Acest sistem de încălzire prezintă avantajul temperaturii relativ scăzute a corpurilor de încălzire, un plus pentru locuințele în care sunt familii cu copii. De asemenea, acest sistem oferă posibilitatea reglării facile a temperaturii în vederea menținerii confortului termic.

Un mare dezavantaj în constituie posibilitatea de îngheț a instalației în cazul în care aceasta e nefolosită o perioadă îndelungată pe timpul iernii. Trebuie să se țină cont de faptul că apa are o inerție termică relativ mare și la pornirea instalației după o perioadă lungă de repaus, este necesar un timp mai îndelungat pentru încălzirea întregului volum de apă.

## Încălzirea cu aer cald

Instalațiile de încălzire cu aer cald utilizează ca agent termic aerul care este direct introdus în încăpere, în comparație cu sistemele care folosesc ca agent termic apa încălzită sau aburul. Modul în care această instalație funcționează este asemănător celui de la instalațiile de ventilare, doar că la aceasta nu e necesară introducerea totală sau parțială de aer proaspăt.

Acest sistem de încălzire poate face față încălzirii unei incinte dacă este bine dimensionat sau poate fi completat de alt sistem de încălzire.

Avantajele acestei instalații sunt: încălzirea rapidă a încăperilor, posibilitatea de a încorpora și instalația de ventilare, cheltuieli de investiție reduse, pericol redus de îngheț.

Dezavantajele sunt următoarele: se poate realiza o încălzire neuniformă a încăperii, se pot crea curenți de aer, pot pătrunde mirosuri neplăcute, camerele se pot răci rapid, pot apărea zgomote în în cazul dimensionării greșite a echipamentelor.

Sursele de căldura pentru a genera aerul cald pot fi: sobele, generatoarele de aer cald sau panourile solare. Pentru încălzirea halelor industriale se folosesc în special generatoare de aer cald.

O soluție eficientă de încălzire a spațiilor o reprezintă utilizarea panourilor solare cu aer cald (fig. 4.1.2.).



Fig. 4.1.2. Panou solar cu aer cald

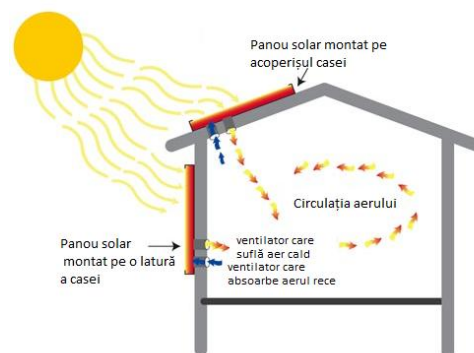


Fig. 4.1.3. Principiu de funcționare a panourilor cu aer cald

Un panou solar conține o placă de absorbție, care atrage lumina soarelui (fig. 4.1.3.). Un senzor de temperatură transmite semnalul unui controller diferențial. Acesta compară temperatura aerului din interiorul incintei cu semnalul emis de senzor. În momentul în care temperatura aerului din panou este mai mare decât temperatura aerului din incinta, controllerul va acționa pornirea unui ventilator de aer și aerul cald va fi direcționat către incintă. Aerul rece din cameră va fi absorbit de către panoul solar și recirculat în

interiorul său până ce acesta va atinge o temperatură mai mare decât cea din cameră. Procesul se reia până când incinta va fi încălzită.

### Încălzirea prin radiație

Dezavantajul instalațiilor de încălzire prezentate anterior este crearea curenților de aer cald în cameră. Modalitatea de încălzire prin radiație încălzește uniform spațiul incintei. Schimbul de căldură prin radiație reprezintă un proces complex de reflexii și absorbții repetate și amortizate. O parte din energia radiantă se reflectă și se întoarce la sursa inițială, frânând astfel procesul de schimb de căldură. În cazul încălzirii prin radiație, obiectele sunt cele care se încălzesc, fie ele așezate paralel sau într-o poziție oarecare.

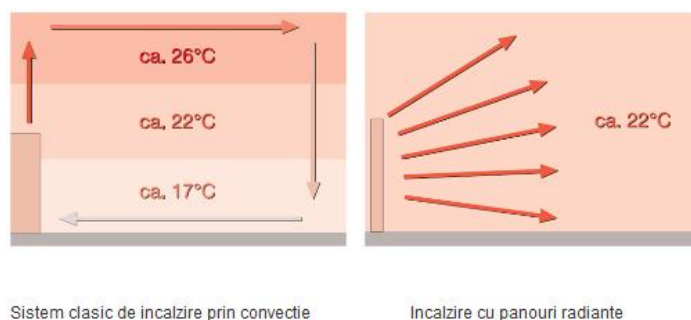


Fig. 4.1.4. Convecție versus panouri radiante

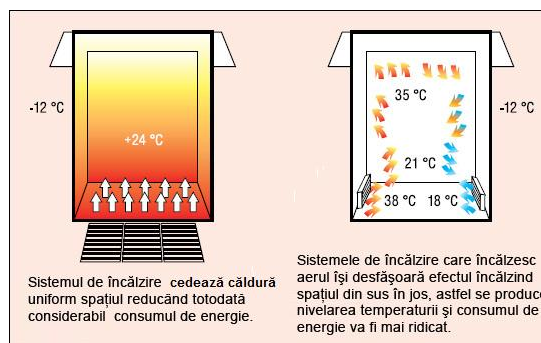
Panourile radiante pot fi folosite atât în încăperi cât și exteriorul clădirii (de ex. pentru încălzirea teraselor). Acestea pot fi amplasate pe tavan, pereți sau sub podea. Cele amplasate pe tavan, sau prin plafon nu pot depăși temperatura de 50 °C. Încălzirea prin pardoseală are o temperatură limitată de 28-30 °C, pentru că fiziologic vorbind acesta nu poate fi mai mare pentru a nu da senzația de ardere. Cele montate pe pereți au valori ale temperaturilor mult mai mari, de 80-90 °C. Ele distribuie uniform temperatura, oriunde ar fi amplasate, însă în cazul unui panou radiant montat pe perete, în zona lui va fi o temperatură mult mai mare.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4.1.5. Panouri radiante amplasate pe tavan (a), pe perete (b), în pardoseală (c)

## **Încălzirea electrică**

Dupa cum se știe, la trecerea curentului printr-o rezistență electrică se degajă căldură. Instalațiile de încălzire electrică funcționează pe principiul efectului Joule, de a ceda căldură către mediul înconjurător. Pe lângă avantajul că acestea nu poluează mediul înconjurător, instalațiile de exploatare sunt simplificate, gradul de automatizare crește pe măsură ce tehnologia evoluează, iar contorizarea se face la fiecare consumator, pierderile fiind mult mai mici decât în cazul folosirii instalațiilor termice. Momentan, instalațiile de încălzire electrică sunt folosite pentru locuințele și clădirile izolate, cum ar fi stațiile de metrou, stațiile meteo și altele.

Încălzirea directă se poate face cu ajutorul panourilor radiante sau a convectoarelor. Convectoarele au forma unor calorifere subțiri (fig. 4.1.6.). La baza acestora intra aerul rece din încăperea și trece pe lângă o rezistență electrică și se încălzește. Aerul cald se ridică și se iese din convector.

Radiatoarele electrice pot fi folosite doar pentru a suplimenta sursa principală de căldură și nu pot fi numite surse eficiente de furnizare a căldurii. Ele funcționează tot pe baza unei rezistențe, însă aceasta este imersată într-un ulei mineral. Avantajul radiatoarelor este că ele pot fi ușor transportate oriunde este nevoie de a încălzi o incintă.

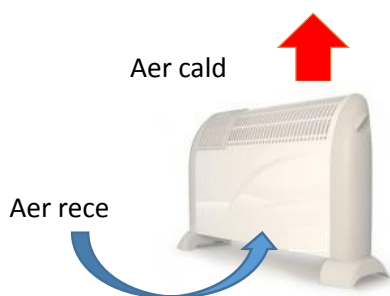


Fig. 4.1.6. Principiul de funcționare a convectorului

## **Încălzirea cu apă geotermală**

Pentru a încălzi o locuință cu apă geotermală, în primul rând trebuie ca locuința să fie amplasată într-o zonă cu izvoare geotermale care pot satisface necesarul de încălzire. Mai este necesar să se cunoască debitul apei, temperatura, compoziția chimică și variația acestora în timp. Cunoașterea temperaturii este esențială, pentru că în felul acesta se va ști ce sistem de distribuție se va putea folosi pentru a utiliza cât mai eficient apa geotermală. Instalația de încălzire trebuie proiectată în funcție de compoziția chimică a apei geotermale. Se cunoaște că mineralele existente în apa geotermală corodează instalațiile de încălzire și pentru a utiliza o astfel de sursă regenerabilă de încălzire trebuie echipamente special proiectate.

## ***Încălzirea solară***

Energia solară este captată de panourile solare care încălzesc apa și o stochează într-un rezervor de unde va fi utilizată ulterior. Dezavantajul acestui tip de încălzire este că pe perioada nopții și a anotimpurilor ploioase și reci acesta nu funcționează. Panourile solare sunt utilizate în special în zonele cu climă caldă și mai rar în zonele cu climă temperată și rece. Aceste sisteme sunt folosite de obicei ca sursă alternativă de încălzire.

Procesul de captare și conversie a radiației solare în căldură se bazează pe utilizarea efectului de seră, specific unor materiale transparente și se realizează prin sisteme specializate incluse sau nu în structura construcției solare. Panourile solare pot folosi tuburi vidate care funcționează pe baza principiului termosifon (fig. 4.1.7).

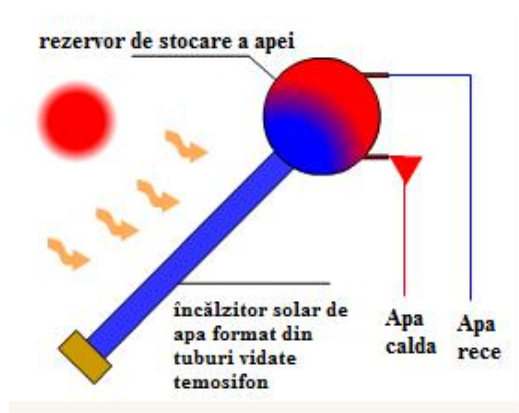


Fig. 4.1.7. Principiul de funcționare al panoului solar cu tuburi vidate

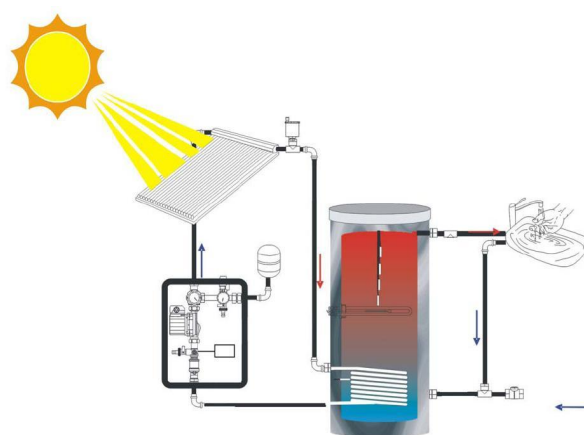


Fig. 4.1.8. Schema de încălzire apă caldă de consum

Rezervorul de apă este amplasat în partea superioară a tuburilor pentru că apa încălzită își reduce densitatea și urcă în tub până ce ajunge în rezervor. Un alt volum de apă rece înlocuiește volumul de apă caldă care a plecat spre consumator. Procesul este ciclic atâta timp cât panou este încălzit de razele solare. În momentul în care soarele apune său intră în nori, temperatura apei din tuburi se menține datorită inerției termice și a bunei izolații.

## ***Încălzirea cu pompe de căldură***

Pompa de căldură este o instalație termică ce utilizează energia mediului ambiant pentru a produce energie termică cu un potențial mai ridicat. Cu ajutorul fluidelor de lucru, pompa preia temperatură mai coborâtă ( $t_a$ ) și o cedează mediului cu temperatură mai ridicată ( $t$ ) (fig. 4.1.9.).

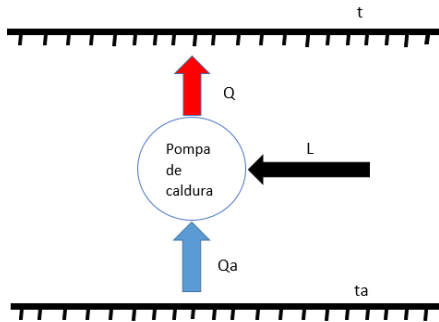


Fig. 4.1.9. Principiul de funcționare al pompelor de căldură

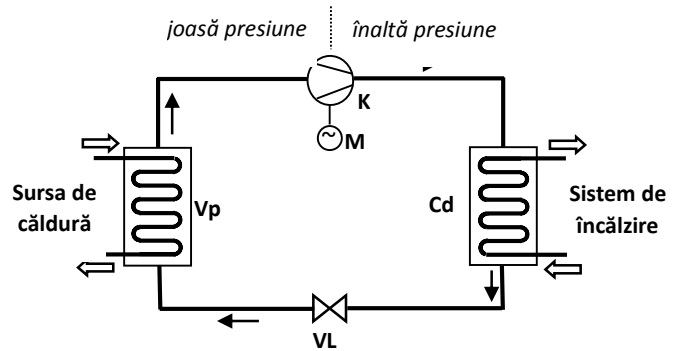


Fig. 4.1.10. Schema de principiu a unei pompe de căldură cu compresie mecanică de vapori

Pompele de căldură folosesc ca sursă de energie: solul, apa sau aerul. Eficiența ridicată a pompei constă în găsirea unei surse de căldură cât mai constante în timp. După cum se știe, variația temperaturii aerului în decursul unui an este importantă, aceasta neputând fi prognozată cu acuratețe pe perioade lungi de timp. În ceea ce privește apa și solul, variațiile temperaturilor acestora pe perioade lungi sunt mult mai mici decât în cazul aerului.

Principiul de funcționare al pompelor de căldură este următorul (fig. 4.1.10.): în vaporizator, temperatura fluidului de lucru lichid este păstrată la o valoare mai mică decât temperatura sursei de căldură, determinând transferul căldurii de la sursă către lichid, iar fluidul de lucru se evaporă. Vaporii produși în vaporizator sunt comprimați în compresor, la nivele de presiune și temperatură mai ridicate. Vaporii supraîncălziți intră apoi în condensator, unde condensează și degajă căldura utilă. În final, fluidul de lucru de presiune înaltă se destinde în ventilul de laminare până la presiunea și temperatura vaporizatorului. Fluidul de lucru este readus astfel la stadiul inițial și se reia ciclul de la nivelul vaporizatorului. Uzual, compresorul este antrenat de un motor electric. În cazul pompelor de căldură de puteri foarte mari se pot utiliza motoare cu ardere internă.

Pompele de căldură pot fi utilizate și pentru răcire. În acest caz, căldura este transferată în direcție opusă, de la aplicația care trebuie răcită către medii cu temperaturi mai ridicate, uneori căldura rezultată în exces din procesul de răcire fiind utilizată pentru satisfacerea unor nevoi de căldură simultane (pompe de căldură combinate cu instalațiile frigorifice).

În funcție de sursa de căldură utilizată, pompele de căldură pot fi:

- **Pompe de căldură cu sursă termică aerul.** Acest tip de instalații folosesc ca sursă termică aerul ambiant. Cu alte cuvinte, în perioada de încălzire ele preiau căldura aerului din exteriorul clădirii și o transferă spațiilor de încălzit. În perioada de răcire, aceste instalații extrag căldura din spațiile supuse climatizării și o transferă în exterior. Mai pot fi întâlnite sub denumirea de pompe de căldură *aer-aer* sau *aer-apă* (atunci când sunt utilizate pentru încălzirea apei). O problemă majoră a acestui

tip de pompă îl constituie faptul că de obicei temperatura mediului ambiant este mai mică atunci când necesarul de căldură este mai mare, cum se întâmplă în zilele friguroase de iarnă. Când temperatura exterioară scade sub aproximativ  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pompa de căldură devine ineficientă. Din acest motiv, clădirile care utilizează încălzirea cu acest tip de pompă de căldură, trebuie să fie prevăzute cu un sistem de încălzire suplimentar (centrală termică pe gaz, radiatoare electrice etc.) ce va funcționa până când temperatura aerului va ajunge la o valoare adecvată funcționării eficiente a pompei de căldură. Pompele de căldură având ca sursă termică aerul sunt utilizate în special în zonele în care temperatura mediului ambiant nu scade sub valoarea de îngheț.

- **Pompe de căldură cu sursă termică pământul.** Acest tip de instalații folosesc ca sursă de extragere a căldurii pământul. Spre deosebire de aer, pământul are variații de temperatură mult mai mici în decursul unui an. În timpul iernii, căldura este preluată din pământ cu ajutorul colectoarelor geotermali și transferată spațiului de încălzit. În perioadele calde, când se dorește răcirea spațiilor, procesul este inversat, căldura fiind „stocată” în pământ. Aceste instalații se mai numesc *pompe de căldură geotermale*. Un element foarte important al acestui tip de pompă de căldură îl constituie colectorul geotermal.
- **Pompe de căldură cu sursă termică apa.** Acest tip de pompe utilizează apele subterane sau apele de suprafață pentru extragerea sau disiparea căldurii, funcție de procesul dorit: încălzire sau răcire. Temperatura aproximativ constantă a apei contrabalansează variațiile sezoniere de temperatură, având rolul unui „rezervor” de căldură pe timpul iernii și a unui „receptor” în anotimpul cald.

## B. INSTALAȚII DE CLIMATIZARE/VENTILARE

### **Generalități**

Instalațiile de climatizare au drept scop menținerea în anumite limite, dinainte prescrise, a temperaturii și umidității relative a aerului din încăperile supuse ventilării, în tot timpul anului. O instalație de climatizare reunește dispozitive pentru răcirea, umidificarea și uscarea aerului, precum și o instalație de reglare automata a temperaturii și umidității aerului. Reprezintă sistemele de ventilare cele mai complexe dar și cele mai scumpe. Alături de acestea există și așa numitele instalații de climatizare parțială, care asigură fie temperatura, fie umiditatea aerului în încăpere.

Instalațiile de climatizare pot fi realizate în scopuri de confort sau în scopuri industriale.

Instalațiile de climatizare pentru confort servesc la asigurarea unui confort ridicat la sălile de teatru, cinematografe, concert, sălile de ședință, etc. în tot timpul anului. În ultima vreme instalațiile de climatizare câștigă tot mai mult teren și în clădirile administrative și de locuit.

Instalațiile de climatizare în scopuri industriale, spre deosebire de cele de confort, au rolul realizării unor condiții interioare deosebite și sunt cerute în mod necesar de desfășurarea unor anumite procese de producție. Aceste condiții de multe ori nu corespund cu condițiile optime de confort necesare omului și este nevoie să se ia o serie de măsuri suplimentare pentru ca oamenii să-și poată desfășura totuși în bune condiții activitatea. Condițiile specifice de microclimă sunt, de regulă, stabilite de tehnolog pentru fiecare încăpere în parte.

### Schema de principiu a unei instalații de climatizare

După cum se observă în figura 4.1.11, instalația de climatizare este asemănătoare ca funcționare și elemente componente cu instalația de ventilare mecanică, diferențierea constând în complexitatea sporită a elementelor centralei de climatizare, în care apare suplimentar o cameră de tratare a aerului cu apă (sau abur).

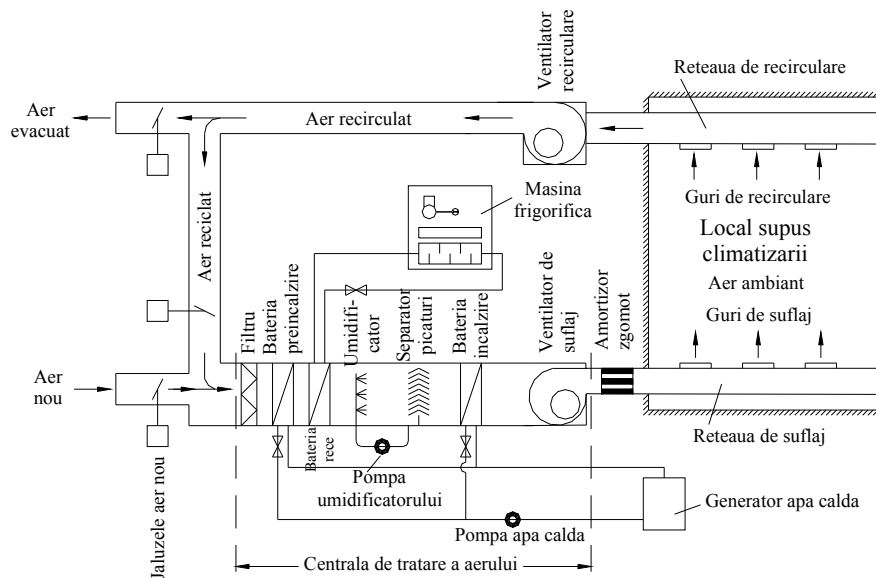


Fig. 4.1.11. Reprezentarea schematică a unei instalații de climatizare a aerului

Centrala de tratare a aerului (CTA) poate conține toate elementele indicate în figura 4.1.11. sau numai o parte, unele putând lipsi sau putând fi așezate în altă ordine. Spre exemplu, bateria de răcire poate fi montată în unele cazuri (așa cum se va vedea ulterior) și înaintea camerei de pulverizare. Unele centrale de climatizare pot fi echipate cu aparatul numai pentru umidificare, altele numai pentru răcire, purtând în aceste cazuri denumirea de centrale de tratare parțială a aerului (CTPA). Centrala de climatizare indicată în figura 4.1.11. poate realiza cele mai complexe transformări ale stării aerului. Pentru funcționarea corespunzătoare a unui asemenea agregat este absolut necesară prevederea unei instalații de reglare automată a parametrilor aerului refulat în încăperi. O centrala de climatizare de tipul celei din figura 4.1.11. poate deservi o încăpere, sau mai multe încăperi a căror variație în timp a sarcinilor termice este identică. După cum se va vedea ulterior, uneori pentru cazul alimentării mai multor încăperi este necesară o descentralizare a tratării aerului pentru fiecare grup de încăperi sau pentru fiecare încăpere în parte.



### ***Tratarea complexă a aerului în centrala de climatizare***

Pentru ca aerul introdus, în condițiile unui debit dat, să poată menține anumite condiții de temperatură și umiditate în încăperi este necesar ca el să fie supus în prealabil unei tratări complexe.

Prin tratare complexă se înțelege o succesiune de procese simple la care este supus aerul exterior sau amestecat (aer exterior + aer recirculat), procese care se realizează în totalitate în centrale de climatizare și restul zonal la celelalte sisteme.

Tratarea complexă presupune deci realizarea unui astfel de agregat care să asigure o succesiune de procese simple de tratare, ușor controlabile și de realizat, până se ajunge la starea necesară a aerului ce urmează a fi refulat în încăperi.

Pentru trecerea de la starea inițială a aerului ce intră în agregatul de climatizare la starea finală cu care iese, există posibilități multiple de tratare, folosind, după caz, un număr mai mare sau mai mic de procese simple succesive. Criteriile de alegere a schemei de tratare sunt de natură tehnico-economică, urmărindu-se reducerea cheltuielilor de investiție și a celor de exploatare prin realizarea unor consumuri minime de căldură și mai ales de frig. S-ar părea că, în unele situații, se poate ajunge de la starea inițială la starea finală printr-un singur proces de tratare, de exemplu politropic. Această soluție, deși aparent posibilă, este de cele mai multe ori greșită întrucât nu ține seama că stările aerului exterior și ale celui climatizat sunt variabile în timp, ca de altfel și sarcinile termice și de umiditate ale încăperilor. De asemenea, s-ar putea ca un asemenea proces unic să nu poată fi stăpânit în mod corespunzător chiar dacă se prevede un sistem complicat de reglare automată. La alegerea schemei de tratare a aerului trebuie să se țină seama că același agregat folosește atât iarna cât și vara. De asemenea, trebuie să se țină seama de schema de automatizare adoptată.

### ***Sisteme de climatizare***

Instalațiile de climatizare asigură menținerea parametrilor aerului în limite dinainte prescrise, indiferent de variația condițiilor exterioare sau a sarcinilor termice și de umiditate. Ele au sarcina de a crea ambianța optimă șederii oamenilor în cazul instalațiilor de confort, sau de a asigura condițiile de temperatură și umiditate cerute de procesele de fabricație, în cazul instalațiilor realizate în scopuri tehnologice.

Evoluția instalațiilor de climatizare a aerului a arătat necesitatea realizării unor condiții diferite în încăperile deservite de aceeași instalație, condiții ce se pot modifica permanent după dorință sau necesitate. Corespunzător acestor cerințe au apărut instalații noi ca concepție, simple în exploatare dar scumpe. Dezvoltarea construcțiilor și respectiv crearea de încăperi (multe ca număr) cu suprafață mare în plan a cerut introducerea de sisteme noi de climatizare, care, spre deosebire de cele la care era posibilă aducerea agentului termic sau de răcire pe două din laturi, să lucreze numai cu aer, fără a mai fi tributare rețelei de

agent de încălzire și de răcire. Astfel, pe lângă sistemele de climatizare numite aer-apă au apărut sistemele numai cu aer.

Concentrarea unui număr mare de încăperi climatizate într-o singură clădire a ridicat probleme serioase în ceea ce privește spațiul necesar amplasării canalelor de aer. Ca urmare apar instalațiile de înaltă presiune, la care viteza de circulație a aerului este mult mărită față de sistemele tradiționale. Mergând pe linia micșorării și mai mult a secțiunii canalelor s-a trecut la mărirea diferenței de temperatură (între temperaturile aerului din încăperea și ale aerului refulat). Prin cele două procedee a fost posibilă o reducere sensibilă a secțiunii canalelor față de sistemul tradițional. Apariția instalațiilor de climatizare cu aer primar, care vehiculează, de regulă, numai debitul minim de aer proaspăt, a micșorat și mai mult cantitatea de aer transportat și în consecință mărirea centralei și secțiunea canalelor de aer. Mărirea vitezei de vehiculare a aerului pe canale a dus însă la creșterea pierderilor de sarcină în sistem - presiunea ventilatoarelor ajungând până la 200 mm H<sub>2</sub>O - de unde și denumirea de instalații de înaltă presiune. Apariția zgomotului face necesară luarea unor măsuri pentru atenuarea acestuia, atât la locul de producere cât și în sistemul de distribuție și mai ales la gurile de refulare de construcție specială prevăzute cu căptușeli de material fonoabsorbant. Unele sisteme, având ventilatoare la fiecare încăperea, pe lângă uzura inerentă a pieselor în mișcare reprezintă surse suplimentare de zgomot. Lucrându-se cu presiuni și diferențe de presiuni mari, instalația și aparatura de introducere sunt costisitoare din cauza execuției deosebit de pretențioase.

### ***Clasificarea instalațiilor de climatizare***

Clasificarea acestora se poate face din mai multe puncte de vedere :

- după scopul instalației de climatizare: de confort sau tehnologice;
- după viteza de circulație a aerului: de joasă presiune (tradiționale) și de înaltă presiune;
- după debitul de aer vehiculat în instalație: cu debit de aer constant și cu debit de aer variabil;
- după agentul purtător de căldură (frig): sisteme de climatizare numai aer și sisteme de climatizare aer - apă (cu aer primar).

Sistemele numai cu aer pot fi la rândul lor :

- cu un canal : multizonale cu baterii de încălzire, multizonale cu baterii de încălzire și de răcire sau multizonale cu ventilatoare;
- cu două canale : cu un ventilator de introducere sau cu două ventilatoare de introducere.

Sistemele de climatizare aer – apă se împart și ele în:

- instalații cu aparate de inducție (climaconvectoare) : cu două, trei sau patru conducte;
- instalații cu ventiloconvectoare: cu două, trei sau patru conducte.

Instalațiile de climatizare, de confort sau tehnologice, nu diferă cu nimic între ele în ceea ce privește alcătuirea, ci numai prin parametrii diferiți pe care trebuie să-i asigure și prin toleranțele admise de variație a acestora. Ambele se execută atât în variantă clasică (de joasă presiune), cât și în variantă modernă (de înaltă presiune).

### *C. PREPARARE APĂ CALDĂ DE CONSUM*

#### ***Consumul de căldură pentru prepararea apei calde de consum***

Mărimea acestui tip de consum de căldură depinde în primul rând de natura consumatorului, de gradul de dotare cu instalații sanitare și de tipul acestora. Tipul consumului impune durata zilnică de alimentare cu apă caldă precum și modul de variație a cererii în cursul unei zile și în cursul săptămânii.

Temperatura apei reci din rețeaua de apă potabilă, utilizată pentru prepararea apei calde de consum, precum și temperatura apei calde preparate, influențează în mod direct mărimea consumului și modul de variație al acestuia.

Caracteristicile tehnico-constructive ale instalațiilor utilizate pentru prepararea apei calde (concepția punctului termic), modul de exploatare, întreținere și reglare pot influența la rândul lor mărimea și modul de variație al consumului.

#### ***a. Mărimea și variația consumului de căldură pentru prepararea apei calde***

Mărimea consumului de căldură pentru alimentarea cu apă caldă, se determină pe baza consumului de apă caldă  $G_a$  și a diferenței între temperatura apei calde furnizată consumatorului  $t_{ac}$  și aceea a apei reci  $t_{ar}$  care urmează a fi încălzită:

$$q_a = G_a \cdot c_a (t_{ac} - t_{ar}) [kW]$$

pentru:  $G_a$ , în kg/s;  $c_a$  – căldura specifică a apei, în kJ/(kg.°C);  $t_{ac}$  și  $t_{ar}$ , în °C.

Valoarea de calcul a debitului de căldură necesar alimentării cu apă caldă se determină cu relația:

$$q_a^c = G_a^c \cdot c_a (t_{ac}^c - t_{ar}^c) [kW]$$

Debitul de calcul  $G_a^c$  se stabilește în funcție de natura consumatorului, gradul de dotare cu instalații sanitare și tipul acestora, conform normelor standardizate. În cazul întreprinderilor industriale, stabilirea valorii de calcul a consumului de apă caldă sanitară și industriale necesită întocmirea cronogramei de consum. Aceasta cuprinde desfășurarea în timp a consumurilor de apă caldă, pe baza ei stabilindu-se consumul maxim și durata sa. La întreprinderile cu un singur schimb, consumul de apă caldă pentru dușuri

nu se suprapune peste cel pentru procesele tehnologice, apărând după terminarea lucrului. Pentru întreprinderile cu două sau trei schimburi, la care nu există pauze între schimburi, consumul maxim de apă caldă va rezulta din însumarea consumului pentru nevoile tehnologice și al celui pentru dușuri. În vederea reducerii acestei valori trebuie făcută o decalare între cele două consumuri de apă caldă.

Temperatura de calcul a apei calde este  $t_{ac}^c = 50^\circ C$  și nu trebuie să depășească 60–65°C pentru a nu se produce pericolul de opărire, pentru reducerea depunerilor de piatră și pentru a nu se accentua fenomenele de coroziune a instalațiilor. Pentru apa rece, în mod convențional, se poate considera  $t_{ar}^c = 10^\circ C$ .

### **b. Variația consumului de căldură pentru prepararea apei calde**

Acreastă variație prezintă o mare diversitate de forme. Deoarece alura sa influențează dimensionarea instalației de preparare a apei calde, se alege o variație convențională, considerată pentru ziua cu cel mai mare consum.

Curba clasată anuală a consumului de căldură pentru prepararea apei calde se stabilește pe baza debitelor de căldură medii zilnice. Alura sa este mult mai aplatizată decât în cazul încălzirii sau ventilării (fig. 4.1.12), având valori  $\mu_a \approx 1,3...1,5$ .

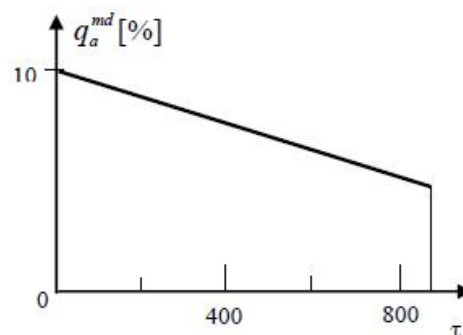


Fig. 4.1.12. Curba clasată a debitelor de căldură medii zilnice pentru alimentarea cu apă caldă

Durata anuală a necesarului de căldură, sub formă de apă caldă, depinde de natura consumului și durata sa zilnică, fiind dată de:

$$\tau_a = 8760 - (\tau_{rev} + \tau_{int}) [h / an]$$

unde:  $\tau_{rev}$  este durata perioadei de revizie și reparații a instalațiilor (20-30 zile/an), în h/an;  $\tau_{int}$  – durata perioadelor de întrerupere zilnică a alimentării.

**c. Metodele de reducere a consumului de căldură pentru prepararea apei calde vizează principalele elemente menționate anterior:**

- optimizarea programului (orarului) de funcționare a instalațiilor de apă caldă;

- utilizarea de aparate economice (ex. dispersoare de duș);
- contorizarea consumului de apă caldă la consumatori;
- utilizarea acumulatorilor de căldură;
- reducerea temperaturii de stocare a apei la 50 °C;
- întreținerea și exploatarea corectă a instalațiilor de preparare a apei calde;
- curățarea periodică a suprafețelor de schimb de căldură, pentru menținerea în timp a performanțelor;
- limitarea temperaturii de calcul a apei calde la 50 °C, pentru reducerea depunerilor în instalații și pentru a nu accentua fenomenele de coroziune a instalațiilor;
- sisteme de recirculare a apei calde;
- izolarea optimă a conductelor de distribuție și a rezervoarelor de stocare, precum și întreținerea în timp a acestora;
- utilizarea sistemelor de măsurare și reglare automată.

În cazul întreprinderilor industriale, apar caracteristici suplimentare ale consumului de căldură pentru prepararea apei calde, care impun măsuri suplimentare pentru reducerea acestuia:

- decalarea în timp a consumului de apă caldă sanitară față de consumul tehnologic de apă caldă sau fierbinte, aspect care trebuie să fie avut în vedere la dimensionarea optimă a instalațiilor de producere, transport și distribuție a apei calde;
- desfășurarea în timp a consumurilor în cursul zilei de lucru, pe baza acestora obținându-se reducerea valorii maxime și a duratei consumului.
- recuperarea resurselor energetice secundare și utilizarea resurselor
- regenerabile (energie solară, biomasă).

### ***Consumuri de căldură cu destinație tehnologică***

Are drept scop asigurarea desfășurării proceselor tehnologice care pot fi:

- **procese de acționare a mașinilor unelte** (ciocane, prese, forje, turbopompe, compresoare, suflante etc.) unde este necesar un potențial termic mediu al procesului între 200-300°C, asigurat, de regulă, sub formă de abur saturat la presiunea de 8-10 bar sau supraîncălzit de la 250°C până la 350°C;
- **procese de încălzire sau răcire a diferitelor substanțe: distilare, uscare, vaporizare, fierbere** etc. În cadrul acestor procese au loc variații ale temperaturii agentului termic, iar uneori și a

stării de agregare. Acestea necesită căldură cu potențial termic mediu între 120-160°C, pentru care se poate utiliza aburul, apa sau aerul fierbinte;

- **procesele de înaltă temperatură** care se desfășoară între 500-1200°C, necesitând, în general, căldura dezvoltată prin arderea combustibililor sau obținută prin utilizarea energiei electrice (procesele electrotermice).

Excluzând procesele de înaltă temperatură, consumul de căldură tehnologic al tuturor celorlalte categorii de procese se caracterizează prin:

- o mare diversitate a nivelelor termice pentru desfășurarea proceselor, ceea ce conduce la o mare diversitate a agenților termici utilizați (abur, apă fierbinte sau căldură, aer cald, agenți de răcire etc.) și parametrii ai acestora – cea mai mare parte a consumului fiind sub formă de abur și apă caldă;
- mărimea consumului de căldură nu depinde de condițiile climaterice exterioare, ci numai de natura și modul de desfășurare în timp a procesului tehnologic.

Durata de utilizare a cererii maxime este în general mare și depinde de caracteristicile ramurii industriale căreia îi aparține procesul tehnologic, precum și de numărul de schimburi și modul de organizare a activității în cadrul întreprinderii industriale.

De asemenea, agregatele industriale consumatoare de căldură sunt foarte diferite, în funcție de construcția, destinația tehnologică și regimurile de utilizare. În funcție de considerentele amintite, clasificarea aparatelor industriale consumatoare de căldură se poate face astfel:

- în funcție de natura procesului tehnologic la care participă: aparate în care are loc variația regimului termic și aparate în care are loc modificarea stării de agregare;
- în funcție de modul în care are loc transmisia căldurii: aparate consumatoare în care transmisia căldurii se face prin suprafețe de schimb de căldură și cu amestec;
- în funcție de regimul de funcționare: aparate cu acțiune continuă și aparate cu acțiune intermitentă.

## 4.2. Managementul clădirilor inteligente

### A. INTRODUCERE

Criza energetică, conștientizarea caracterului finit al combustibililor fosili, dar și trendul general de dezvoltare durabilă, au condus la dezvoltarea a numeroase practici ce vizează utilizarea energiei într-un mod economic și rațional. Astfel, atât Uniunea Europeană cât și marile puteri ale lumii, depun eforturi considerabile în vederea reducerii dependenței de combustibilii fosili, reducând implicit și emisiile de gaze cu efect de seră.

În ultimul secol consumul de energie a înregistrat o creștere accelerată, iar în ultimii 10 ani acesta a crescut pe plan mondial cu peste 78 % pe plan mondial, estimându-se o creștere cu încă 55 % până în anul 2040. Acest profil ascendent al consumului de energie primară pe plan mondial are un cost eferent semnificativ. În anul 2010 cheltuielile cu energia au fost estimate la circa 10 % din Produsul Intern Brut global, iar costul total s-a dublat în perioada 1990 – 2010.

Consumul de energie primară al unei societăți moderne se împarte între următoarele sectoare principale de activitate: transport, clădiri și industrie, iar distribuția procentuală este specifică fiecărei țări. Atât la nivelul Uniunii Europene, cât și pe teritoriul României, cel mai semnificativ consumator de energie este reprezentat de sectorul clădirilor, fiind responsabil cu peste 40 % din consumul total energetic pe plan european și cu aproximativ 35 % din totalul gazelor cu efect de seră emise. În România sectorul clădirilor consumă aproximativ 44 % din energia finală, urmat de industrie (31%) și transport (22 %). Fondul de clădiri se află în continuă expansiune, estimându-se că până în 2050 numărul acestora va crește cu încă 25% , dar totodată îi este atribuit și cel mai mare potențial tehnic de eficientizare, estimat la 30% pentru sectorul rezidențial și 25 % pentru cel terțiar.

Într-o clădire tip din Uniunea Europeană cea mai mare cantitate de energie consumată de o clădire este utilizată pentru încălzirea spațiului de locuit, cu un procent de aproximativ 65 %, urmată de prepararea apei calde menajere (14 %) și consumatorii electrocasnici (12 %). Pe teritoriul României procentul de energie finală utilizat în același scop este

Strategia Uniunii Europene privind reducerea consumurilor energetice în rândul clădirilor este transpusă prin Directiva Performanțelor Energetice ale Clădirilor (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD), prin care se cere statelor membre adoptarea conceptului de *“clădire cu un consum energetic aproape zero”* începând cu anul 2020 pentru toate clădirile noi construite pe teritoriul Uniunii. Implementând acest concept, Uniunea Europeană urmărește realizarea obiectivelor *“20-20-20”* stipulate în pachetul legislativ *“Energie – Schimbări Climatice”*.

### **Definiții ale clădirilor inteligente**

Cuvântul „inteligent” a fost utilizat ca o descriere pentru clădiri la începutul anilor '80 în Statele Unite ale Americii. Conceptul de „clădire inteligentă” a luat amploare datorită dezvoltării tehnologiei informațiilor și datorită creșterii gradului de confort interior dorit de locatari, precum și creșterea necesității de control automat a mediului interior. Acest ultim aspect, realizează, prin intermediul controlului sistemului de încălzire, (Heating, Ventilating and Air Conditioning System - HVAC) o reducere a energiei utilizate în vederea atingerii confortului dorit.

În prezent, termeni ca „smart” și „intelligent” capătă o popularitate din ce în ce mai mare în asocierea cu o clădire. Deși „inteligenta” este un termen ambiguu, mai ales atribuită unui sistem artificial, este acceptat în rândul cercetătorilor faptul că „inteligenta” unui sistem (sau obiect) se referă la corectitudinea reacției pe care acesta o are față de apariția unei situații noi. Sistemul trebuie să aleagă cea mai bună rezolvare la situația nou ivită dintr-un set prestabilit, apoi să aibă capacitatea de a „învăța” din acțiunea trecută. Concepte ca „auto-corecție” sau „toleranță la erori” sunt considerate elemente esențiale în inteligența artificială. Obținerea inteligenței artificiale se realizează prin intermediul unor instrumente ce permit unei mașini de calcul să imite raționamentul uman, cum ar fi Rețele Neurale Artificiale (RNA) sau elemente de logică fuzzy.

În literatura de specialitate există un număr vast de definiții atribuite conceptului de „clădire inteligentă”. Conform cercetărilor, există peste 30 de definiții diferite ce fac legătura între „inteligenta” și clădire. Multe dintre exemplele timpurii de clădiri numite „inteligente” au reprezentat pur și simplu o încercare de a exploata tendința dominantă de încorporare a unor cantități tot mai mari ale tehnologiei informației în clădiri, fără a sugera însă și interacțiunea utilizator – clădire.

Cardin în anul 1983 – citat în a definit clădirea inteligentă ca „o clădire ce are un sistem de servicii de control complet automatizat”, iar Institutul Clădirilor Inteligente (Intelligent Building Institution - IBI) din Washington a elaborat următoarea definiție în anul 1988: „clădirea inteligentă este aceea care integrează sisteme variate pentru gestionarea resurselor într-un mod coordonat pentru a maximiza: performanțele tehnice, flexibilitatea, economia investițională și a costurilor de operare”.

Autori precum Robothan, Loveday et. al., Wigginton și Harris au subliniat faptul că o clădire inteligentă trebuie să răspundă în primul rând la necesitățile în continuă schimbare a utilizatorilor sistemului, ajungând-se la concluzia că atât bunăstarea cât și productivitatea locatarilor sunt influențate de sistemele de servicii și management ale clădirii prin crearea habitatului interior optim. În acest sens, Arkin și Paciuk au sugerat faptul că o clădire inteligentă accentuează: „un efort multidisciplinar în integrarea și optimizarea structurilor, sistemelor, serviciilor și managementului clădirii, cu scopul de a crea un mediu interior productiv, eficient din punct de vedere al costului pentru locatari”.



Mai recent, diverși autori au extins definiția, adăugând termenii „capacitate de învățare”, precum și „ajustarea performanțelor clădirii în funcție de gradul de ocupare și mediu – clădiri adaptive”, propunând ideea că o clădire inteligentă nu are doar abilitatea de a reacționa și a-și modifica starea în funcție de o cerere individuală sau de mediu, ci are și capacitatea de a învăța și repeta acțiuni anterioare cu scopul de a minimiza consumul energetic și a maximiza confortul interior.

În urma cercetării realizate de So et. al s-a putut vedea diferența conceptuală în privința definirii clădirilor inteligente între două dintre cele mai importante institute de cercetare în domeniu: US Intelligent Building Institute și UK-based European Intelligent Building Group. Institutul din Statele Unite definește în prezent o clădire inteligentă ca fiind: „o clădire care asigură un mediu interior productiv și rentabil prin optimizarea celor 4 elemente de bază ce compun clădirea: structură, sisteme, servicii și management, precum și interacțiunea dintre acestea”. Spre deosebire de aceasta, institutul din Marea Britanie propune următoarea definiție: „o clădire ce crează un mediu interior ce maximizează eficacitatea ocupanților, dar în același timp asigură un management eficient al resurselor clădirii, asigurând un cost minim pe ciclul de viață al infrastructurii hardware și facilităților”. Diferența sesizabilă între cele două definiții este aceea că prima se axează preponderent pe tehnologie, iar cea din urmă pune accent atât pe necesitățile locuitorilor, dar și pe reducerea consumurilor energetice în clădiri.

So a definit de asemenea nouă module calitative privind clădirile inteligente: “[...] sunt 9 module ce caracterizează calitatea mediului [într-o clădire inteligentă]: caracterul ecologic, flexibilitatea spațiului și utilitatea acestuia, costul raportat la ciclul de viață, confortul interior, siguranța, eficiența de lucru, integrarea tehnologiei de ultimă performanță, cultură, procesul de construcție și structură. Fiecărui modul îi este atribuită o listă de facilități, servicii și tehnologii. Aceste sub-elemente compun Indexul Clădirilor Inteligente (Intelligent Building Index – IBI), ce oferă o evaluare calitativă asupra conceptului de clădire inteligentă”.

### **Scurt istoric al sistemelor de automatizare în clădiri**

Pentru a satisface cerințele noile cerințe stipulate în definițiile recente ale clădirilor inteligente, este necesar a fi impelentate sisteme de automatizare a clădirilor din ce în ce mai performante. Sistemul de automatizare al clădirii (Building Management System – BAS) poate fi privit ca „inima” clădirii inteligente, și acestea devin din ce în ce mai sofisticate, exponențial cu apariția pe piață a noilor tehnologii de comunicare și control.

După sfârșitul celui de-al doilea război mondial, mediul construit a înregistrat o creștere din ce în ce mai accelerată, accentul punându-se pe confortul interior al locatarilor, rezultând clădiri din ce în ce mai mari, echipate cu sisteme mecanice din ce în ce mai complexe. Problema eficienței sistemelor de încălzire și răcire a dus la o centralizare a acestora, și pentru prima dată s-a pus problema implementării unui sistem de control.

La începutul anilor 1950 a fost făcut primul pas în vederea obținerii unui control automatizat al clădirii, prin montarea unor senzori pneumatici de transmisie-recepție a datelor. Numărul mare de panouri de comandă (unde erau montați senzorii de recepție) a dus la o centralizare a sistemului, toți senzorii ce permiteau recepția datelor fiind montați într-o singură cameră, având rolul de centru de comandă. Apariția pe piață a senzorilor electronici și a buclelor de control analogic, la sfârșitul acestui deceniu, a permis realizarea centrelor de comandă bazate pe o infrastructură hardware.

La începutul anilor 1960, apariția companiilor producătoare de sisteme de control pentru clădiri comerciale, a ajutat la dezvoltarea unor noi tehnologii în domeniu. Astfel, au fost testate sisteme electromecanice de multiplexare, ce au permis o reducere semnificativă a costurilor de instalare a sistemelor și de întreținere a acestora. Numărul de fire care permitea comunicarea între senzori a fost redus semnificativ, de la câteva sute la câteva zeci prin instalarea multiplexoarelor. Primii pași către un sistem automat de achiziție a datelor au fost făcuți odată cu integrarea în clădire a sistemelor digitale de indicare și logare, ce au permis înregistrarea automată a parametrilor transmiși de senzori. Acest lucru a condus la apariția unor sisteme automate de control, implementându-se inițial unități de tratare a aerului din incinte (air-handling units – AHUs). Consola de monitorizare a diferiților parametrii de confort din clădire (temperatură, debit, presiune, etc.) a devenit mai performantă, mai eficientă, și a permis apariția primului centru computerizat ce permitea controlul automat al clădirii.

Criza petrolului din 1973 a reprezentat un al doilea punct de referință în evoluția clădirilor inteligente, aceasta mărind gradul de implicare a guvernelor în eficiența energetică a sectoarelor de consum, acordând o mai mare atenție sectorului clădirilor. Inovația a constat în utilizarea noilor mini-computere, a unităților centrale de procesare (central processing units – CPUs), precum și a unor controllere logice programabile (programmable logic controllers – PLCs), ducând la apariția unei noi descrieri standard pentru o clădire – Sistem de Management al Energiei (Energy Management System – EMS). Au apărut noi pachete de aplicații software incorporate în sistemele de automatizare existente, precum: pornirea/oprirea optimă a sistemului HVAC, temperatura optimă pentru atingerea confortului termic, control al iluminatului diurn/nocturn, control optim al entalpiei, sistem de gestiune a incendiilor și a securității locuitorilor, etc. Proprietarii erau acum în contact direct cu noile sisteme, permițându-le contorizarea consumurilor de energie și implicit a costurilor de utilizare a clădirii. Prețul produselor hardware a început să înregistreze un declin la mijlocul anilor 70, permițând o globalizare și o dezvoltare accelerată în rândul calculatoarelor. Astfel au apărut primele interfețe om-mașină cu procesoare ce permiteau prelucrarea datelor mult mai eficient și sigur (eliminând eroarea umană din procesarea datelor), determinând apariția multiplexoarelor „smart”. Dimensiunile microprocesoarelor au fost reduse, permițând combinarea acestora cu multiplexoare de sine stătătoare, implementate la sisteme de alarmă analogice, eliminând astfel tranzațiile de comunicare între senzor și consola de monitorizare.

Începutul anilor 1980 a fost caracterizat de apariția pe scară largă a calculatoarelor personale (Personal Computers - PC), datorată scăderii prețurilor componentelor, lucru ce a revoluționat inclusiv sistemele de automatizare distribuite în clădiri. Numărul de calculatoare existente în universități și în centrele de cercetare a crescut, permițând companiilor să investească preponderent în partea de cercetare a noilor sisteme, creând astfel premisele dezvoltării unei noi infrastructuri de management al clădirii. Producția unor controlere bazate pe microprocesor digital direct distribuit (microprocessor based distributed direct digital control – DDDC) a dus la înlocuirea sistemelor de control pneumatice existente. Aceste controlere au fost integrate în consola de operare a clădirii (building operator console – BOC), aceasta devenind interfața universal utilizată între om și mașină. BOC se putea programa cu ușurință utilizând limbaje de programare de înaltă performanță: Pascal și C. Legătura între consolă și panourile de comandă locale, având la bază noile microprocesoare, a fost realizată cu ajutorul protocoalelor LAN (local area network).

În secolul 21 se pune accentul pe a 4-a generație de BAS, bazată pe sisteme de rețea integrate, fapt datorat expansiunii continue a mediului virtual. Sistemul de automatizare a adoptat tehnologiile web existente, ocupând astfel o poziție importantă în rețeaua de intranet a unei clădiri. Consola centrală a BAS înglobează un server web, fiindu-i asociate astfel funcții web (site web) în vederea modului de operare al clădirii. Astfel, s-a ajuns la crearea unui nou sistem singular compus din BAS și intranet, denumit sistem de integrare în rețea (Network Integrated System). Acesta conține diferite software-uri pentru managementul sistemelor de securitate, HVAC, de iluminat, de alertă, etc.

O primă reușită de a transpune ideile și proiectele pilot într-o clădire inteligentă utilizabilă pe scară largă a avut loc la începutul anilor 1980, când arhitectul englez Norman Forester a realizat două clădiri pentru instituțiile bancare din Hong Kong și respectiv Shanghai, clădiri ce aveau o structură modulară (colectorii solari flexibili pentru a capta radiația solară un timp mai îndelungat și spațiul de birouri flexibil), sisteme inteligente de umbrire a geamurilor pentru a evita supra-încălzirea spațiului, dar și un sistem de răcire cu apă sărată.

Zece ani mai târziu, numărul proiectelor de implementare pe scară largă a clădirilor inteligente a crescut considerabil, depășind spațiul Statele Unite și al Chinei. Astfel, printre exemple demne de menționat se regăsesc: sediul Kajima din Japonia, sediul companiei NTT (Nippon Telegraph and Telephone), Simithu L-Tower din Tokio, sediul companiei Lloyd's din Londra, sediul British Airways din Londra, clădirea SAS din Stockholm, sediul central SOL din Helsinki [20]. La începutul anilor 2000 numărul clădirilor ce puteau fi cladificate drept "inteligente" a crescut exponențial, devenind imposibilă nimirea tuturor proiectelor derulate. În același timp, au fost utilizate o multitudine de definiții de sine stătătoare sau combinații între ele și diferite criterii de standardizare în funcție de scopul la care servea construcția.

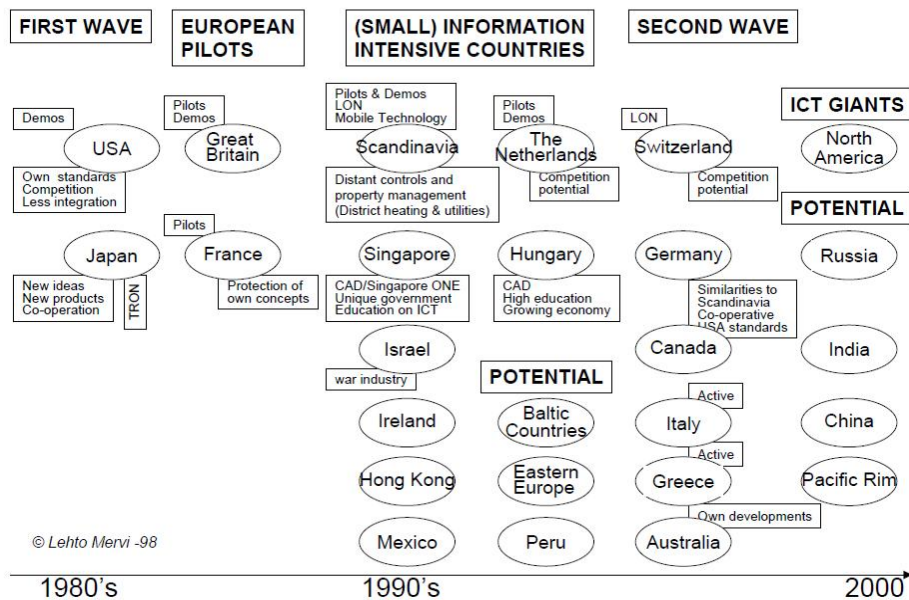


Fig. 4.2.1. Amplasarea temporală a cercetărilor în domeniul clădirilor inteligente [20]

### **Conceptul și structura funcțională a unei clădiri inteligente moderne**

Simpla implementare a unor echipamente tehnice de monitorizare, comunicație și automatizare nu reprezintă garanția obținerii inteligenței într-o clădir. Clădirile inteligente pot fi caracterizate ca fiind: integrative, active, informative, folosibile, orientate pe servicii, confortabile, sănătoase, flexibile și adaptabile, sigure, de încredere (stabilă și precisă), eficiente, economice, productive (profitabile) și bazate pe soluții tehnologice corecte.

Astfel, Wong et. al caracterizează clădirea inteligentă prin trei caracteristici de bază:

- Control automat
- Integrarea preferințelor ocupanților și feedback-ul acestora
- Abilitatea de învățare (ajustarea performanțelor în funcție de evoluția mediului și a comportamentului ocupanților).

Crearea unui asemenea mediu presupune în primul rând implementarea unor sisteme eficiente, cum ar fi sistemul HVAC, de securitate, iluminat și protecție la incendiu. În faza următoare, pentru a exista o comunicare continuă sistem-utilizator, s-a evidențiat necesitatea existenței unui număr mare de senzori. Aceștia produc o gamă largă de date spre a fi analizate, putându-se astfel prezice comportamentul ocupanților cât și eventuale defecțiuni apărute în sistem.

### C. OPȚIUNI DE DEZVOLTARE A APLICAȚIILOR FOLOSIND INFRASTRUCTURĂ SCADA

- Sisteme de control pentru rețele de distribuție – principala aplicație este în sectorul controlului de la distanță a rețelelor de distribuție, a stațiilor și posturilor de transformare;
- Sisteme de automatizare a stațiilor de transformare – privesc exercitarea funcțiilor de control și de protecție la nivel de circuite primare ale sistemului de distribuție, precum și la realizarea interfațării cu procesul condus și cu sistemele informatice ierarhic superioare. Soluții folosind arhitectură primară SCADA sunt prezente atât la gestiunea stațiilor de transformare de distribuție sau de transport, cât și în stațiile de distribuție industriale sau la centralele electrice. Funcții suportate de sistemele de automatizare:
  - control – supraveghere echipament primar;
  - rapoarte referitoare la defecte, evenimente;
  - schema sinoptică activă on-line a sistemului automatizat (cu prezentarea segmentelor energizate);
  - rapoarte – prezentări rezultate măsurători;
  - afișare – modificare setări parametrii protecției;
  - osciloperturbograf;
  - localizare defecte;
  - interblocaje la nivel de celulă sau de stație;
  - stocare evenimente, măsurători, rapoarte funcționare osciloperturbograf;
  - sincronizare timp.
- Sisteme de monitorizare a stațiilor de transformare – au ca obiectiv principal monitorizarea generală a stației de transformare, configurarea și setarea parametrilor de reglaj a protecțiilor. În cadrul funcțiilor standard oferite de acest tip de sisteme se găsesc colectarea și evaluarea informației culese prin osciloperturbografe, sincronizarea în timp a funcționării sistemului, precum și gestionarea evenimentelor și a alarmelor. Aplicațiile tip sistem de monitorizare reprezintă nivelul cel mai de jos al ansamblurilor funcționale de automatizare a stațiilor.
- Sisteme de automatizare pentru fideri (SAF) – Automatizarea operațiilor cu fideri acoperă un domeniu larg de metode și instrumente pornind de la fundamentalul control la distanță și până la operații de simulare. Dintre funcțiile disponibile sub aplicațiile tip automatizare a fiderilor:
  - monitorizarea și controlul de la distanță a stațiilor de transformare secundare și a posturilor de transformare;

- configurarea și setarea unităților de monitorizare și control;
  - gestionarea avertismentelor privind defectele;
  - prelucrarea informației pentru localizarea defectelor;
  - modificarea topologiei rețelei;
  - prezentarea stadiului de energizare (aflate sub tensiune) a segmentelor rețelei în mod cromatic;
  - simularea funcționării rețelei;
  - sincronizarea în timp.
- Sisteme de management al distribuției (SMD) – principalul rol este de a pune la dispoziția operatorilor metode și instrumente pentru detectarea, localizarea, izolarea și eliminarea rapidă și cu exactitate a defectelor și perturbațiilor ivite în funcționarea rețelei de distribuție. Funcțiile de bază oferite de un SMD includ prezentarea stadiului de energizare a segmentelor rețelei de distribuție, localizarea defectelor și efectuarea simulării funcționării rețelei în anumite configurații. Pot fi furnizate și alte funcții pe lângă cele de bază: planificarea și optimizarea informațiilor despre rețea, managementul stărilor de defect, calcule de regimuri de funcționare și minimizarea pierderilor.
  - Citirea automatizată a contorilor și echipamentelor de măsurare – există în momentul de față diferite sisteme în exploatare pentru automatizarea colectării consumului de energie la nivelul de anvergură al unui sistem de distribuție a energiei electrice bazate fie pe legături telefonice, fie pe transmisie wireless, suport GSM or GPRS (Generalised Packet Radio System).
  - Sisteme de management al sarcinii – reprezintă un instrument pentru realizarea unui profil optimizat al curbei de sarcină pentru o anumită energie disponibilă, respectiv pentru o utilizare optimizată rețelei de distribuție existente luând în considerare aspectele comerciale și tehnice ale procesului de distribuție.
  - Sistem de urmărire-integrare apeluri privind incidentele
    - asigură interfața la centrul de reclamații incidente pentru integrarea apelurilor telefonice;
    - folosește în mod automat topologia rețelei împreună cu localizarea apelurilor-reclamații pentru depistarea cauzelor incidentelor;
    - face disponibilă, prin integrarea apelurilor în mod automat, delimitarea zonelor afectate;
    - permite alocarea echipelor de intervenții la incidente, optimizând procesul de alocare în conformitate cu abilitățile și nivelul de experiență al membrilor echipei;
    - asigură monitorizarea alocării echipelor de intervenții, nivelul de încărcare al acestora, dotarea cu echipament specific;

- permite interfațarea cu centrele de recepție a reclamațiilor pentru informare asupra stadiului de remediere a incidentelor;
- asigură înregistrarea pe suport magnetic a întregului film al evenimentului.

Pentru ilustrarea concepției generale de încadrare a sistemelor SCADA în arhitecturi mai complexe pentru analiza operativă și off-line a sistemelor de distribuție în figura 4.2.2. se prezintă structura unui sistem specific halelor industriale de mare anvergură.

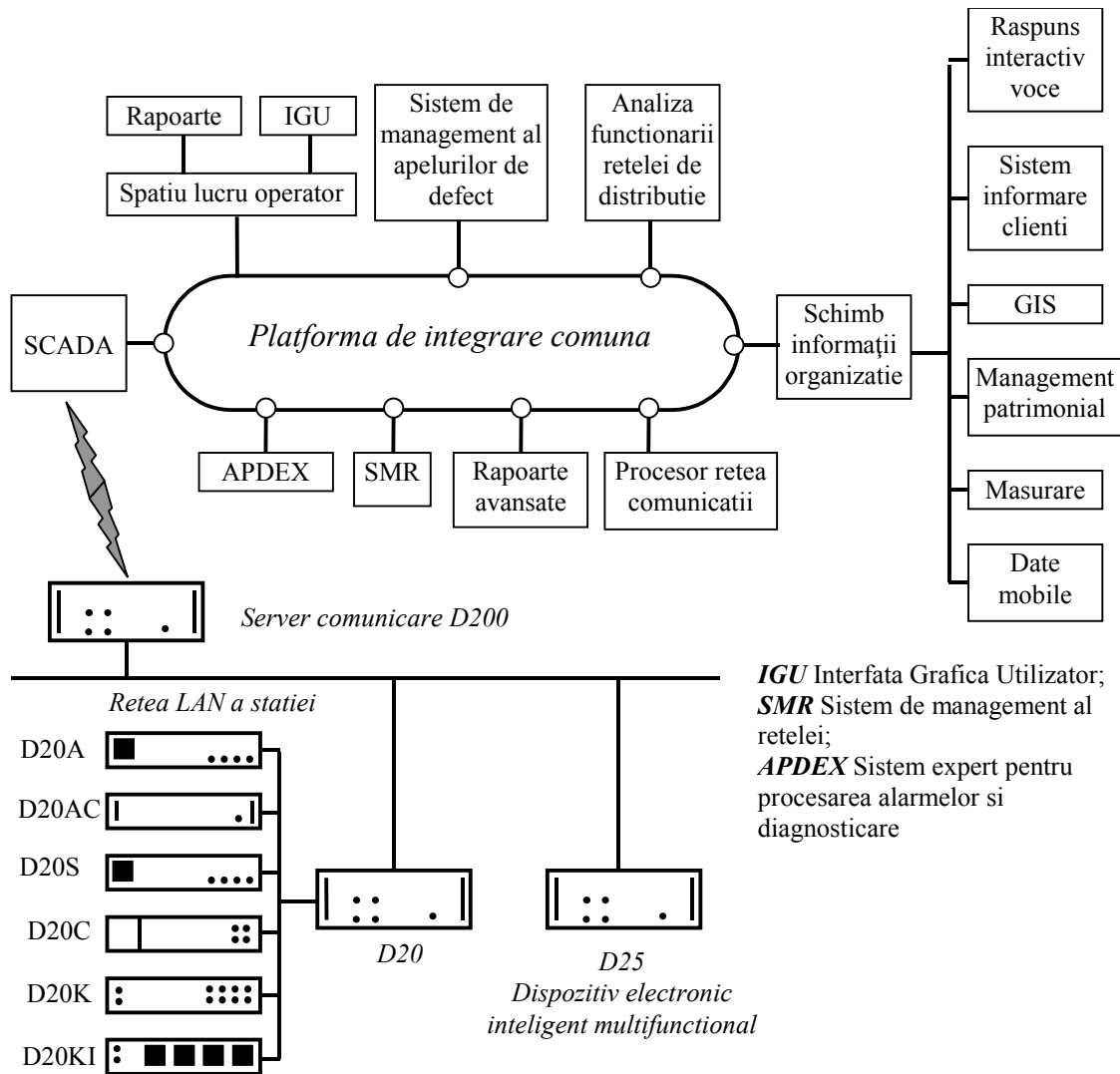


Fig.4.2.2. Arhitectura integrată în schema operațională a organizației a sistemului ENMAC®

De regulă la baza filozofiei de dezvoltare a sistemelor sau componentelor unui ansamblu SCADA stau câteva elemente distinctive:

☞ Sistem scalabil:

- ușor de adaptat la complexitatea, respectiv dimensiunea procesului;
- rapidă extensie a aplicației folosind librăriile de funcții standard;
- trecere ușoară de la sistemele bazate pe un singur computer la cele cu sisteme distribuite de calculatoare;

- ușurința extinderii configurației sistemului folosind blocuri constructive software și hardware corect definite;
- sisteme redondante, organizate ierarhic.

☞ Sistem în arhitectură deschisă:

- protocoale de comunicație deschise, publice;
- fișierele aplicațiilor sunt independente de sistemul de operare și de hardware-ul utilizat.

☞ Soluții cu sisteme consistente:

- consistență între produsele de nivel jos și cele de nivel înalt (orice nou releu va avea secvențele de cod-program corect definite în componentele software-ului implementat la nivelul programului central);
- consistență între sistemele integrate ierarhic în configurații (automatizarea stațiilor de transformare față de controlul/supervizarea rețelei de distribuție).

### ***Dispozitivele Electronice Inteligente (DEI) – element structural primar SCADA***

Acest dispozitiv grupează, ca funcționalitate, disponibilitatea a mai multe echipamente. Versatilitatea sa este deosebită, el putând fi exploatat ca nod LAN (Local Area Network) în substație, controler la nivel de celulă, controler pe bază de logică programabilă, poartă de comunicație cu alte DEI, echipament pentru monitorizarea calității și osciloperturbograf. Unele DEI, în funcție de necesități pot fi configurate pentru exploatare și ca RTU.

DEI au în general o arhitectură modulară, în carcasa metalică fiind grupate plăci care asigură diversele funcțiuni: achiziție informație privind mărimile electrice, starea sau poziția echipamentului, comunicație cu DEI sau nivelele ierarhic superioare, configurare mod de funcționare, etc.

Versatilitatea dispozitivului este completată de disponibilitatea acestuia pentru up-gradare ușoară din punct de vedere al funcțiilor prin încărcarea prin poarta de comunicare dedicată a noi module software. Modulul principal al DEI poate conține elementele funcționale care asigură execuția acțiunilor de prelucrare numerică, stocare, control și funcțiile principale de comunicație, fiind dotat hardware cu următoarea structură de memorie:

- EPROM – pentru secvențele de BOOTROM;
- RAM – pentru configurare și stocarea datelor. Dimensiunea memoriei protejată prin baterie este alocată în decursul operației de configurare. Memoria RAM este expandabilă cu module de 2 Mb sau 4 Mb, module care însă nu pot fi alocate pentru stocarea configurației sau ca NVRAM (Non-Volatile Random Access Memory);



- FLASH – pentru stocarea de aplicații software.

Principial el este proiectat să primească informații de la dispozitivele subordonate sau provenind de la terți, cum sunt releele, pe care le transmite către sistemele de prelucrare ierarhic superioare, și/sau pe care o folosește pentru monitorizarea echipamentului primar sau la rularea unor proceduri de diagnosticare a stării acestuia.

Există o întreagă gamă de funcțiuni de instrument de analiză pe care un DEI are capacitatea să le execute, ele fiind descrise pe scurt în cele ce urmează:

- informații asupra **calității energiei electrice** prin măsurarea și înregistrarea:
  - coeficient total de distorsiune (THD);
  - spectrul armonic până la armonica 21;
  - profilul zilnic/orar al valorilor efective (mărimi electrice);
  - goluri de tensiune;
  - întreruperi.
- **înregistrarea digitală a defectelor** – osciloperturbograf. Înregistrările defectelor pot fi transferate în mod automat prin rețelele LAN către calculatoarele stației sau chiar până la nivelul server-ului central. Sunt prevăzute următoarele facilități:
  - disponibilitate pentru înregistrare simultană pe canale analogice și canale digitale;
  - triggerare, respectiv anulare configurabilă de către utilizator;
  - capacitate de înregistrare până la 240 cicluri/canal cu o rată de achiziție de 64 eșantioane/ciclu;
  - configurare la latitudinea utilizatorului a intervalului de înregistrare pre- și post-triggerare.
- **măsurători la nivel de stație:**
  - posibilitatea de a utiliza scheme de măsurare cu 1, 2, 2 și 1/2, și 3 elemente pentru până la 6 feederi pe aceeași bară în cazul configurației cu trei fire, respectiv până la 4 feederi în cazul configurației cu patru fire;
  - posibilitatea de a înregistra curbe de sarcină.
- **funcție de automatizare logică soft** (PLC – programmable logic computer).

Capabilitățile uzuale ale DEI pot include:

- ▶ disponibilitatea pentru aplicații tip:
  - controler la nivel de celulă;

- control și monitorizare a echipamentului primar;
- măsurare;
- osciloperturbograf;
- monitorizare calitate energie electrică;
- controler bazat pe logică programabilă;
- RTU.

▶ capacități I/O:

- canale intrare digitale, grupate pe modul (placă) al dispozitivului, pentru achiziția de informație privind starea/poziția echipamentului;
- canale ieșire digitale, pentru control, care pot fi configurate fie ca ieșiri de tip “Închidere/Deschidere”, sau în perechi de tip “Creștere/Scădere” cu conectare directă la relele responsabile de execuție;
- intrări DC analogice scalabile în domeniile  $\pm 5 V_{dc}$ ,  $\pm 1$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  sau  $\pm 20$  mA;
- intrări AC analogice (transformatoare de curent și tensiune) organizate în grupuri de câte trei care furnizează informație asupra curentului, tensiunii, puterilor active, reactive, aparente atât pe fază cât și trifazate, factorului de putere pe fază și trifazat, energiei electrice pe fază și trifazate;
- comunicația se poate face fie pe porturi Ethernet sau porturi seriale duale folosind DNP (ultimele pot fi configurate prin soft fie RS 232, fie RS 485) la care se adaugă încă două porturi seriale pentru interfațare cu DEI sau relele inteligente;
- intrare pentru sincronizare temporală cu sistem GPS (Global Positioning System).

▶ display frontal de tip alfanumeric;

▶ configurare folosind un sistem intuitiv disponibil ca aplicație pe calculator;

▶ osciloperturbograf:

- canale analogice;
- canale digitale pentru înregistrarea secvențelor de evenimente;
- contor pentru acționări echipament primar.

▶ calitatea energiei electrice:

- reducerea nivelului de tensiune, goluri de tensiune și întreruperi;
- determinarea curbei de sarcină;



Se poate încadra într-un sistem de automatizare sau de management al distribuției de proveniență Schneider sau furnizat de alt producător datorită în principal:

- concepției în arhitectură deschisă a suportului fizic al comunicației (radio, telefonie, fibră optică, cablu, etc.);
- compatibilității cu toate protocoalele de comunicație prin intermediul convertorului frontal de protocol de comunicație Talus (acesta nu face parte din furnitura uzuală Schneider).

### Funcții

Unitatea de control a comenzii îndeplinește funcțiunile următoare:

- alimentare securizată (autonomie de mai multe ore, funcție de tipul acumulatorului utilizat) în caz de pierdere a tensiunii pe bară pentru:
  - motorizarea comenzii la întreruptoarele MT (tensiune standard 48 V c.c.);
  - interfațarea echipamentului telecondus cu unitatea centrală de urmărire și conducere prin modulul de comunicație;
  - asigurarea interfeței de teletransmisie (tensiune standard de 12 V c.c.).
- gestionarea comenzilor electrice de închidere/deschidere a întreruptoarelor MT declanșate de acțiuni care provin fie de la nivelul de supervizare sau de la nivel local;
- supravegherea, telesemnalizarea, vizualizarea, în mod de operare local/de la distanță a următoarelor informații:
  - poziția Î/D a întreruptorului MT;
  - starea asociată fiecărui întreruptor MT (legat la pământ, declanșat, etc.);
  - prezența/absența tensiunii pe bară;
  - modul de exploatare locală/de la distanță;
  - detectarea trecerii unui curent de defect de linie sau la pământ;
  - defecte interne ale unității de control/comandă;
  - diagnostic de detaliu al stării sursei de alimentare securizate (alimentare, capacitate baterie, stare încărcare acumulator);
  - semnale de alarmare de securitate (monitorizare transformatoare MT/JT, detectare deschidere spațiu PT, etc.);
- comunicația cu sistemul de teleconducere:

- o interfață RS 232/RS 485 este disponibilă pentru asigurarea comunicării;
- comunicația cu unitatea de teleconducere este efectuată numai pe baza protocolului de comunicație MODBUS/JBUS. În funcționare normală, unitatea de teleconducere comunică periodic cu unitățile de execuție pentru a putea furniza informațiile solicitate.
- înregistrarea în jurnalul de evenimente on-line a tuturor incidentelor (cu o întârziere de 20 ms). Această funcție permite analiza a posteriori a succesiunii de evenimente, fie prin interogare locală cu un PC portabil, dotat cu pachetul soft corespunzător, fie prin comunicație periodică cu unitatea de teleconducere;
- detectarea trecerii curenților de defect;
- detectarea și telemăsura trecerii curenților de defect între faze și la pământ pe toate plecările MT echipate cu transformatoare de măsurare de curent (acestea nu fac parte din furnitura standard). Prezența acestor transformatoare permite în plus achiziționarea de informații pentru supravegherea repartiției sarcinilor în rețeaua MT, evident numai pe plecările supravegheate.

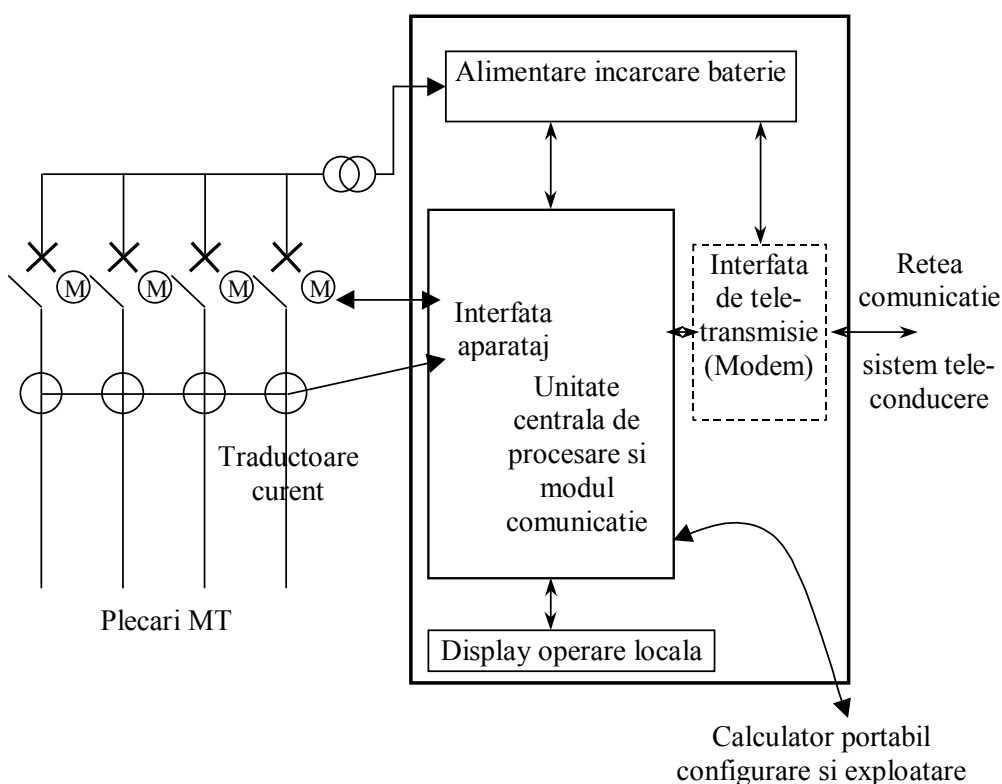


Fig.4.2.4 Schema sinoptică a unității de comandă-control Talus 200.

### Caracteristici Tehnice

#### Alimentare, securizare alimentare

- sursa principală (bara de tensiune PT) protejată prin siguranță, cu transformator de izolare; consum de 80 VA la sarcina maximă;

- circuitele de securizare a alimentării diferitelor etaje ale unității TALUS 200 sunt protejate cu temporizare diferențiat funcție de destinația etajului (interfața teletransmisie, interfața aparataj);
- capacitate de autoevaluare a stării sistemului de securizare a alimentării cu semnalizarea datată a anomaliilor de funcționare;
- prevenirea suprasaturării rețelei de teletransmisie în cazul unei încărcări importante cu informații, cu semnalizare locală. Re-alimentarea etajului de interfață teletransmisie se face local.

#### Interfața aparataj

- maximum 4 (patru) întreruptoare telecomandabile, cu monitorizarea poziției și a stării asociate (legat la pământ, declanșat, etc.) și execuția electrică a comenzilor; racordarea unității prin conectori debroșabili cu lungimea cablurilor de racord în gama 3, 5, 10 sau 15 m;
- monitorizare defecte pe 0 la 4 (patru) plecări MT, cu detectare ampermetrică;
- posibilitatea de detectare a plecării cu defect, inclusiv de tip homopolar, cu trepte selectabile de sensibilitate în funcție de defect;
- măsurarea componentei de secvență zero (homopolară) prin sumare electronică a curenților pe fază;
- durata minimă de existență a unui defect pentru luare în considerare configurabilă între 200 și 500 ms, cu pasul de reglare 25 ms;
- traductoare de curent tip transformator de curent toroidal cu secțiuni admisibile  $95 \div 300 \text{ mm}^2$  (3 buc. pe plecare) și conductoare de racord de lungimi 3, 5, 10 sau 15 m;
- 2 (două) telesemnalizări detectare defect pe fiecare plecare MT supravegheată: defect între faze și/sau defect la pământ;
- înregistrare datată a detectării unui defect trecător pe fiecare plecare MT (cazul defectelor cu durata superioară la 150 ms); în caz de reanclanșare cu succes a plecării MT supravegheate, este consemnată prima detectare a unui defect trecător;
- revenirea după detectarea unui defect:
  - manual, prin re-armare locală;
  - automat, printr-un ciclu cu temporizare reglabilă între 15 la 120 min de la revenirea tensiunii pe bare, configurabil prin utilizare comunicație cu calculator portabil;
- telecomandat prin intermediul sistemului de teleconducere.

- opțiune de telemăsură curent pe defect, cu furnizarea unui singur curent pe plecare MT cu precizia de măsurare  $\pm 3\%$ .

#### Display operare locală

- permite comanda locală a echipamentului MT, câte un dispozitiv odată, cu vizualizarea informațiilor principale legate de operațiile de exploatare-mentenanță;
- oferă un comutator pentru comanda local/de la distanță;
- vizualizare martor a telesemnalizărilor.

#### Unitatea centrală de procesare și modulul de comunicație

- până la 4 (patru) telecomenzi duble;
- până la 4 (patru) telesemnalizări duble;
- până la 4 (patru) telemăsurări de curent;
- 1 (una) telesemnalizare simplă echipament defect;
- 1 (una) telesemnalizare lipsă tensiune;
- 1 (una) telesemnalizare mod local;
- 6 (șase) alte telesemnalizări;
- până la 4 (patru) telesemnalizări simple pentru stări asociate întreruptoarelor;
- până la 4 (patru) telesemnalizări detectare defecte între faze;
- până la 4 (patru) telesemnalizări detectare defecte fază-pământ.
- securizarea comenzilor se face prin redundanță simplă și efectuarea unor proceduri de control intern de tip confirmare execuție;
- caracteristici sistem comunicație cu unitatea de teleconducere:
  - port serie asincron RS 232 sau RS 485;
  - rata transfer 300 la 9600 bauds (bits/sec);
  - protocol MODBUS.