

# SISTEME DE MĂSURARE A VIBRAȚIILOR UTILAJELOR DINAMICE

---

## 1 INTRODUCERE

Prezentul document se referă la protecția și monitorizarea utilajelor dinamice uzuale (pompe, ventilatoare, centrifuge, etc.) și nu se referă la utilajele complexe și care funcționează la turații mari (turbine, compresoare, etc.). În document se pune accent pe măsurarea vibrațiilor, dar se va face referire și la măsurarea altor parametri relevanți, care pot fi utilizați pentru aprecierea *stării de funcționare a utilajelor dinamice*.

## 2 CLASIFICAREA SISTEMELOR DE MĂSURARE A UTILAJELOR

Din punct de vedere funcțional, sistemele de măsurare se pot clasifica astfel:

- a) Sisteme de protecție
- b) Sisteme de monitorizare
- c) Sisteme combinate (protecție și monitorizare).

La rândul lor, sistemele de monitorizare se pot clasifica în:

- a) Sisteme de monitorizare continuă - Acesta măsoară parametrii monitorizați continuu (cu traductoarele amplasate pe utilaj),
- b) Sistem de monitorizare discontinuă - Acestea sunt, în general, echipamente portabile, cu un singur traductor, și care pot fi utilizate pentru măsurarea parametrilor conform unei planificări (o dată pe săptămână, pe lună, etc.).

Între sistemele de protecție și cele de monitorizare există deosebiri esențiale, care vor fi prezentate detaliat în cele ce urmează.

## 3 SISTEME DE PROTECȚIE

Rolul principal al unui sistem de protecție este acela de a opri utilajul atunci când valorile parametrilor măsurați depășesc o anumită *limită setată*, la *căderea tensiunii de alimentare* sau la *defectarea sistemului* propriu-zis. Sistemele de protecție pot avea și funcțiuni secundare, cum ar fi:

- Funcția de alertă, care semnalizează optic și/sau acustic depășirea unui prag inferior celui de oprire.
- Funcția de afișare locală a valorii parametrului măsurat .

➤ Funcția de transmitere la distanță (analogic sau digital) a unor informații referitoare la starea de funcționare a sistemului de protecție propriu-zis, dar și a parametrilor mășurați.

În Figura 1 este prezentată schema bloc a unui sistem de protecție.

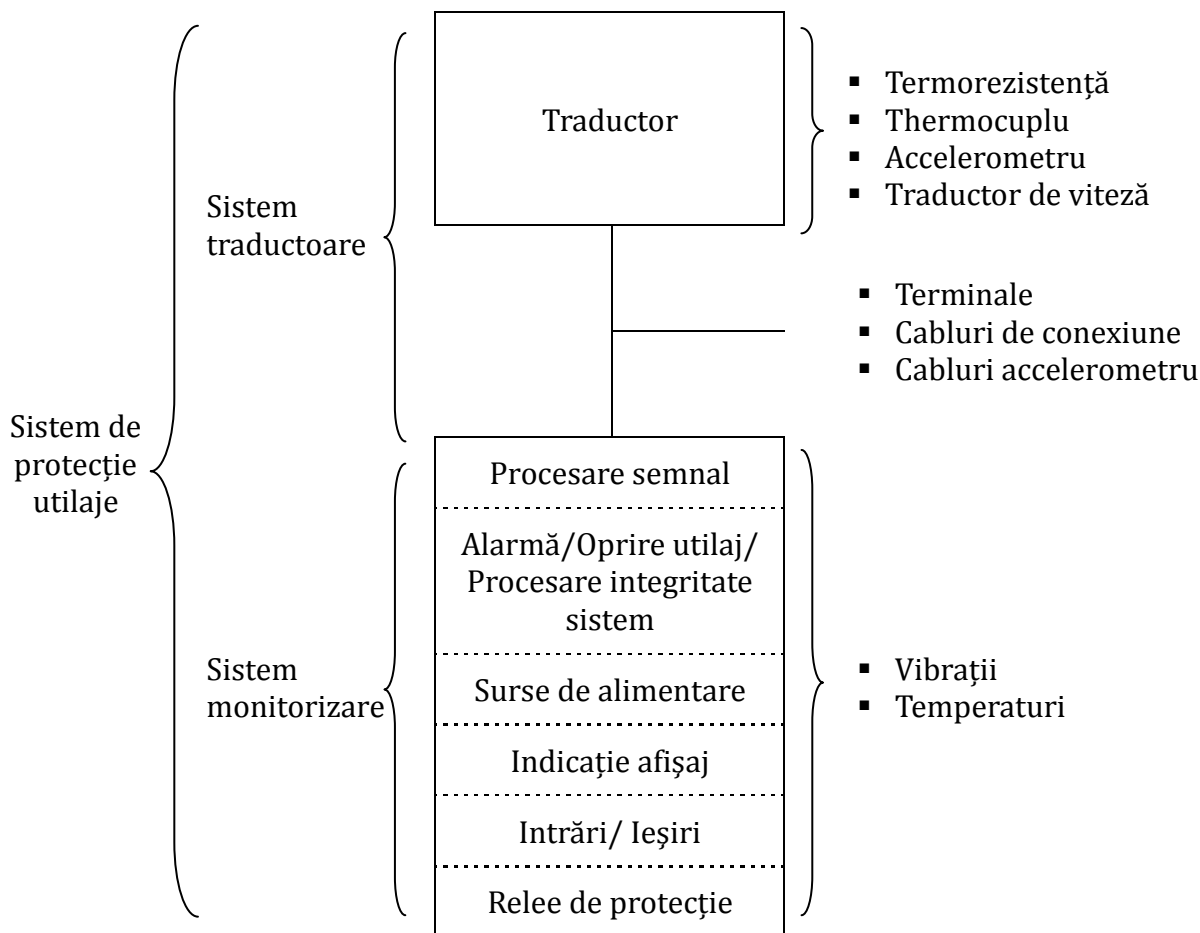


Figura 1



Figura 2

Un sistem de protecție poate conține un singur traductor (sistem de protecție cu un singur canal) sau poate conține mai multe traductoare (sistem de protecție multicanal).

Cele mai simple sisteme de protecție la vibrații sunt așa numitele vibro-relee, din Figura 2.

Acestea pot fi mecanice sau electronice.

Vibro-releele oferă utilajelor protecția de bază, economică, împotriva vibrațiilor mecanice printr-o soluție constructivă extrem de simplă și de fiabilă care

presupune o masă seismică de acționare un și mecanism cu arc. Când pe axa de sensibilitate a releului se resimt vibrații suficient de mari, acesta trece din starea stabilă de „anclanșat” într-o stare, de asemenea stabilă, de „declanșat”, comandând oprirea automată a utilajului sau avertizarea intrării în domeniul de alarmă la vibrații excesive.

Odată declanșat, releul va fi readus la starea sa inițială de „anclanșat” prin pistonul

său de resetare sau prin tensiune aplicată comandat de la distanță bobinei sale de resetare. La sistemele de protecție sau la circuitele de avertizare se oferă, de obicei, un set de rele SPDT. Orice sistem de protecție trebuie să aibă un timp de răspuns mai mic de o secundă. *Timpul de răspuns de alarmă* nu trebuie confundat cu *timpul de întârziere de alarmă*. *Timpul de răspuns de alarmă* nu este programabil, în timp ce *timpul de întârziere de alarmă* este programabil. *Timpul de răspuns de alarmă* este timpul maxim care se poate scurge în sistem până când se descoperă că valoarea unui canal a depășit valoarea setată pentru canalul respectiv. Într-o asemenea situație, depășirea trebuie *menținută* prin timpul de întârziere de alarmă, până când starea de alarmă să fie semnalizată. Acest lucru înseamnă că orice depășire a setărilor canalului determinate în timp mai scurt decât timpul de întârziere de alarmă vor fi detectate, dar nu vor fi semnalizate (adică releul nu se declanșează). O particularitate specială a sistemelor de protecție este posibilitatea creșterii temporare a valorii de alarmă setată, pe o durată limitată, atunci când utilajul este pornit (*Setpoint Multiplier factor*). Factorul de multiplicare este în general  $\times 2$  sau  $\times 3$  a valorii de alarmă setată. Durata de multiplicare este în general 10÷20 de secunde. Multiplicare limitei de alarmă este necesară doar dacă parametrul măsurat este *vibrația*, deoarece la pornirea utilajului poate fi acceptată temporar o valoare de vibrație mai mare. Pentru fiecare parametru măsurat, un sistem de protecție trebuie să asigure două nivele de alarmă:

- Nivel de atenționare (*Warning*), care nu conduce la oprirea utilajului, ci este doar un *anunțiator*.
- Nivel de pericol (*Danger*) care conduce la acționarea unui releu și, în consecință, la oprirea utilajului.

**NOTĂ:** Cele două nivele de alarmă sunt denumite diferit, astfel standardul API670 denumește nivelele de alarmă astfel:

- *Warning* – Alarmă sau Alertă
- *Danger* – Oprește utilaj sau Pericol

Majoritatea sistemelor de protecție sunt dotate cu funcția de reținere (memorare) a alarmelor. Astfel, chiar la dispariția condiției de alarmă, releul respectiv rămâne în poziția de alarmă. Este necesar ca sistemul să fie resetat manual, pentru ca releul să revină în starea normală.

Referitor la relele de alarmă, acestea pot fi:

- ✓ *Energizate normal*, adică atunci când valoarea măsurată este sub pragul de alarmă, bobina releului este alimentată.
- ✓ *Dezenergizat normal*, adică atunci când valoarea măsurată este sub pragul de alarmă, bobina releului este nealimentată.

Standardul API670 recomandă ca *relele de alarmă sau alertă* (*Warning*) să fie normal dezenergizate, iar *relele de pericol* (*Danger*) să fie normal energizate.

Rațiunea este următoarea: dacă tensiunea de alimentare este întreruptă, relele de pericol (*Danger*) se vor dezenergiza și vor produce o condiție de oprire. Astfel utilajul nu poate rămâne neprotejat la o cădere accidentală de

tensiune.

Așa cum s-a menționat anterior, orice sistem de protecție trebuie să poată detecta o defecțiune a traductorului sau a cablului de conexiune.

Detectare înseamnă:

- Acționarea unui releu suplimentar de defect, eventual și un indicator luminos.
- Acționarea directă, în caz de defect, a releului de pericol (Danger).

Nedetectare acestui defect poate conduce la funcționarea fără protecție a utilajului.

Parametrii de vibrație utilizați pentru protecție sunt:

- *Vibrația totală*, uzual valoarea vitezei de vibrație în [mm/sec] (conform standardului ISO 10816 - "*Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*").
- *Bearing condition* – O valoare care caracterizează starea de funcționare a rulmenților (gSE, SPM, Envelope, BC, etc.)
- *Vibrația fundamentalei* ( $\times 1$  RPM) sau a armonicilor.
- *Valoarea totală* într-un interval de frecvență determinat. O astfel de valoare recomandată de vechiul standard ISO 7919 este de  $10 \div 1000$  Hz.

Traductoarele de vibrații utilizate sunt, în general accelerometrele piezoelectrice amplasate pe carcasa utilajului. Deoarece sistemele de protecție sunt costisitoare, se utilizează uzual câte un traductor amplasat pe fiecare lagăr. Uneori se utilizează un sistem de protecție cu un singur traductor (de exemplu, pe unul dintre lagărele unui ventilator).

O atenție deosebită trebuie acordată utilajelor amplasate în zona cu pericol de explozie. În acest caz, traductorul, care este amplasat în zona periculoasă trebuie separat de sistemul de protecție (amplasat în zona de siguranță) prin intermediul unor bariere de protecție.

Daca lungimea cablului de conexiune între traductor și sistemul electronic de protecție este mare, este importantă alegerea cablurilor de legătură. Acestea trebuie să fie ecranate și corect împământate, pentru a evita interferențele electromagnetice).

În Figura 3 este prezentată schema de principiu a conectării unui canal de măsurare la un accelerometru, amplasat într-o zonă periculoasă.

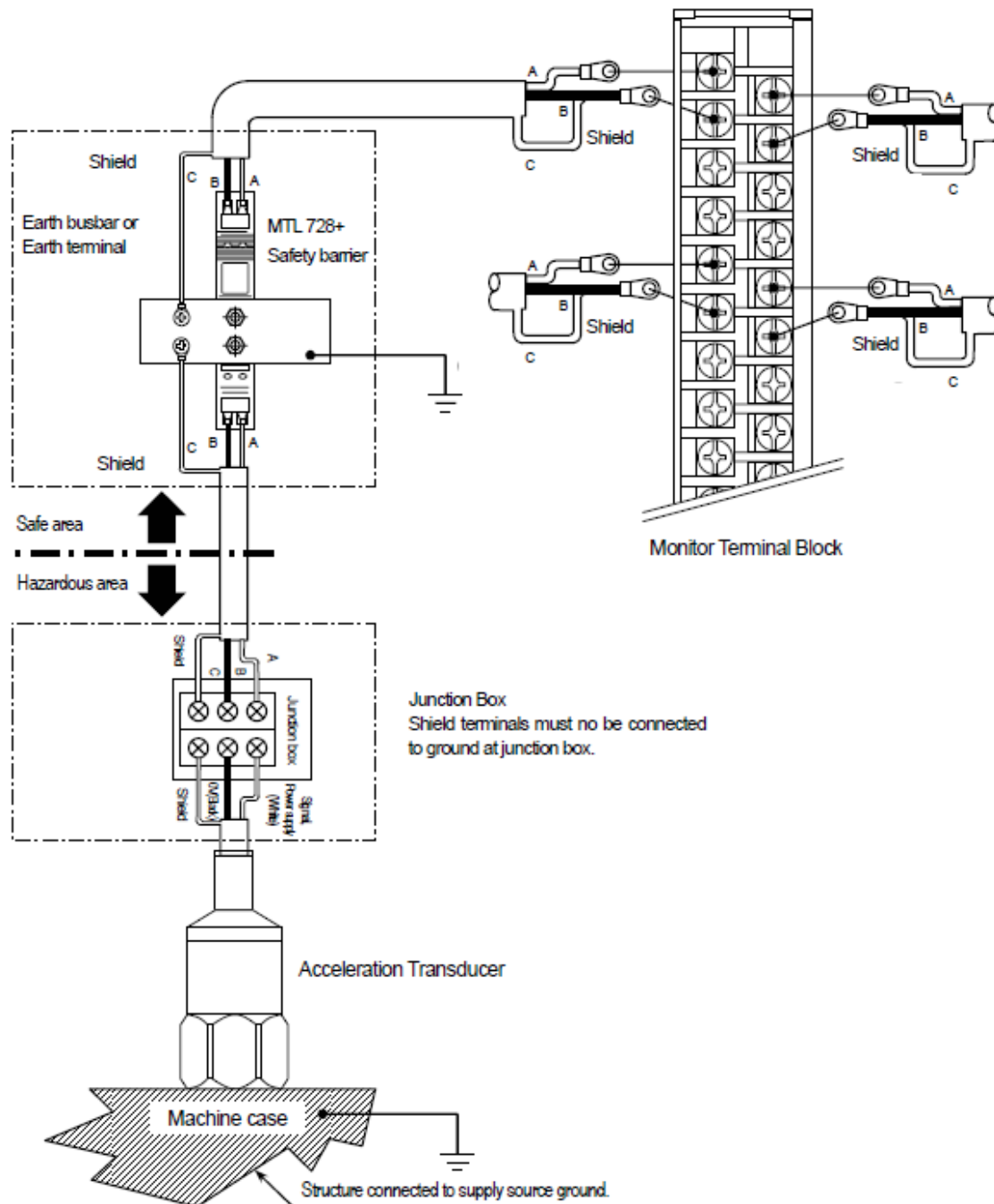


Figura 3

Daca utilajul este amplasat într-o zonă nepericuloasă, atunci nu sunt necesare bariere de protecție.

Pentru măsurarea temperaturii, în sistemele de protecție combinate se utilizează, de obicei, termorezistențe (RTD) amplasate cât mai aproape de lagăr.

Termorezistențele pot fi conectate cu două fire (pentru distanțe reduse între traductor și sistemul electronic de protecție) sau cu trei fire (pentru a compensa rezistența ohmică a cablului de conexiune).

Alte facilități ale unui sistem de protecție sunt:

- \* Transmiterea de date la un sistem de monitorizare (analogic sau digital)
- \* Posibilitatea măsurării semnalului de la traductor, cu ajutorul unui sistem

extern (de exemplu un analizor portabil de spectre). În acest caz, ieșirea semnalului va trebui să fie protejată astfel ca un scurtcircuit sau orice utilizare anormală a acestui semnal să nu afecteze funcția de protecție.

În concluzie, sistemele de protecție ale utilajelor trebuie să îndeplinească o serie de condiții speciale, precum:

- ✓ Fiabilitatea sistemului trebuie să fie ridicată.
- ✓ Timpul de răspuns să fie redus (sub 1 secundă).
- ✓ Sistemul trebuie să protejeze utilajul (să-l oprească) și la o cădere accidentală de tensiune, dar și la o defecțiune proprie sau o defecțiune a traductorului și a cablului de conexiune.
- ✓ Sistemul de alarmare trebuie să fie de tip *latching*, adică să memoreze o stare de alarmă, până la resetarea manuală a acesteia.
- ✓ Sistemul de protecție să aibă facilitatea de multiplicare a valorii de pericol (Danger), eventual și a valorii de alarmă (Warning) pe durata pornirii utilajului.
- ✓ Releul care produce oprirea să fie normal energizat.
- ✓ Dacă sistemul de protecție comunică analogic sau digital cu un sistem de monitorizare, nici o defecțiune a sistemului de monitorizare nu trebuie să afecteze funcționalitatea sistemului de protecție.
- ✓ Conectarea unui dispozitiv extern (analizor de spectre) la sistemul de protecție nu trebuie să interfereze sau să afecteze funcționarea sistemului de protecție.
- ✓ Utilizarea unor calculatoare uzuale, tip PC, în schema sistemului de protecție (pentru acționarea releelor de alarmă) nu este acceptată! Acestea pot fi utilizate numai în partea de monitorizare, care este externă sistemului de protecție.

*Concluzia principală este că sistemul de protecție trebuie să funcționeze corect, independent de sistemul de monitorizare (dacă acesta există).*

*În acest mod vor fi evitate opririle accidentale care nu se datorează valorilor aflate în stare de alarmă a parametrilor măsurați.*

#### **4 SISTEME DE PROTECȚIE ECONOMICE (EXEMPLU)**

Se poate crea un sistem protecție cu costuri reduse, cu ajutorul modulului CX-RLY-C.

Sistemul utilizează accelerometre alimentate în buclă CTC (Seria LP250), având o ieșire de  $4 \div 20$  mA curent continuu.

Curentul de ieșire reprezintă nivelul zero al traductorului (4 mA) și scala completă – nivelul maxim de ieșire (20 mA).

Pentru a trimite semnalul electric și pentru a alimenta traductorul sunt necesare numai două fire.

Pentru a alimenta traductorul de la distanță se folosește o buclă de

alimentare. Traductorul alimentat de la distanță reglează curentul din bucla de alimentare, astfel încât valoarea curentului din buclă reprezintă valoarea parametrului măsurat de traductor. În bucla de alimentare se înscriează un rezistor (RL) care convertește acest curent într-o tensiune care poate fi utilizată de către monitorul/controler-ul de proces pentru a înregistra parametrul măsurat. Domeniul de măsurare, tipul măsurătorilor și unitățile de măsură sunt clar stabilite și trebuie luate în considerare la comandarea traductorului.

*Exemplu:*

### **Traductoare de viteză de 4-20 mA din seria LP200**

Traductor de viteză cu alimentare în buclă de curent, cu domeniu de ieșire 4÷20 mA, pentru viteze de vibrație de 0÷10 mm/sec RMS.

Pentru colectarea măsurătorilor de vibrații în câmp de la 2÷4 traductoare de vibrații este suficient un singur modul CX-RLY. Schema tip este prezentată în figura 4.

În schema de mai jos, sursa de alimentare de 24 V se consideră a fi externă. Pentru a transforma semnalele traductoarelor în tensiune, se utilizează două rezistențe de 250 Ω (0,1%).

Semnalul de ieșire de 4÷20 mA va fi transformat într-un domeniu de tensiune de 1÷5 V, corespunzător modulului CX-RLY-C.

Pentru că intrările 3 și 4 rămân neutilizate, terminalele I-06 și I-07 se conectează la 24 V.

Deoarece se folosește un singur releu, atunci RLY1 trebuie corect mapat la ambele intrări CH1 și CH2. Amintiți-vă că poziția normală a contactului releului poate fi NO (normal deschis) sau NC (normal închis), în funcție de setări. Pentru a îndeplini cerințele sistemului de protecție, releul trebuie setat pe CLOSE (normal închis).

Între terminalul I-02 și 24V se poate monta un comutator-cheie.

Atunci când comutatorul este închis, releul va fi plasat pe poziția închis (non-alarmă).

Dacă terminalul I-01 este temporar conectat la 24 V exact cu timpul de pornire, nivelul de alarmă va fi dublat pentru 10 secunde. Este necesar doar un singur impuls (o tranziție de la starea de neconectat la 24 V, la starea de conectat la 24 V a intrării I-01).

Astfel, utilajul va fi încă protejat și în timpul pornirii, pentru a evita vibrațiile excesive care l-ar putea deteriora. Este necesar un contact liber al releului de la stația electrică (un contact auxiliar al releului de pornire a utilajului).

Pentru mai multe informații, citiți „Manualul Utilizatorului modulului CX-RLY-C”.

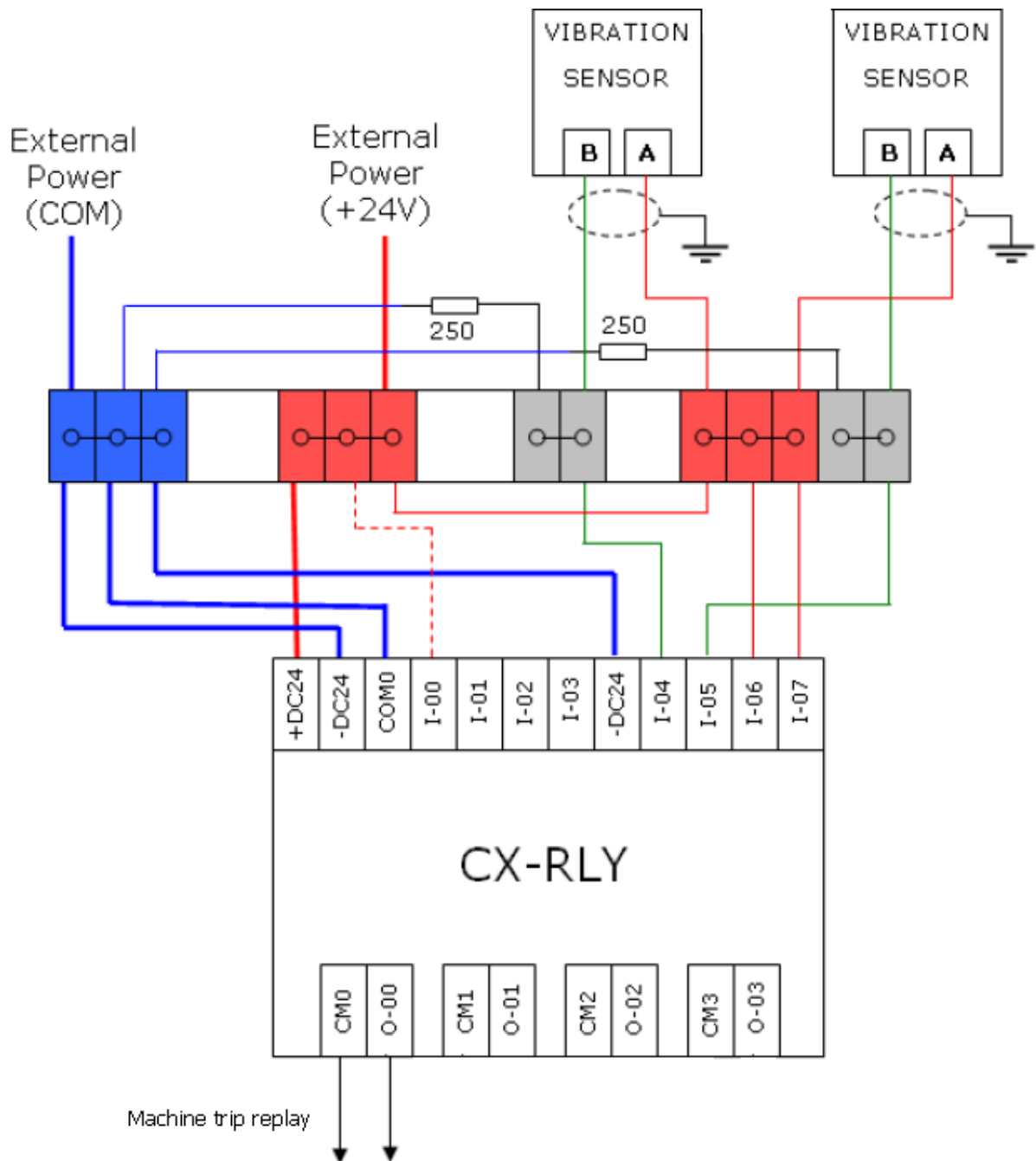


Figura 4

Schema de mai sus prezintă două dezavantaje majore și anume:

- Din cauza tipului de traductoare folosite, nu aveți disponibil semnal dinamic (semnale de vibrații care se pot analiza direct).

- Nu se recomandă folosirea indicatoarelor suplimentare sau conexiunile cu sistem extern SCADA. Dacă intrările SCADA se conectează la semnalul de  $4 \div 20$  mA, atunci se pierde siguranța protecției (orice defect al conexiunii la sistemul SCADA va genera un semnal fals la modulul CX-RLY-C). Un sistem de protecție mai bun presupune mai mult de un dispozitiv, și anume un convertor de vibrații. În schema de mai jos (figura 5) este prezentat un sistem de protecție cu două convertoare de vibrații din seria CTC SC200. Convertoarele SC200 sunt compatibile cu conexiunea standard a accelerometrelor. Modulele SC200 îndeplinesc următoarele funcții:



- Transformă accelerația de vibrație de la accelerometru în viteză de vibrație (suplimentar se aplică filtru „trece-sus” HP, respectiv „trece-jos” LP);
- Transformă semnalul exprimat în viteză de vibrație în semnal de curent continuu de 4÷20 mA pentru alimentarea indicatoarelor externe suplimentare și a sistemelor de achiziție date (SCADA);
- Transformă semnalul de vibrații exprimat în viteză într-un semnal de curent continuu de 0÷5 V dc care este preluat direct de modulul CX-RLY-C;
- Asigură un semnal dinamic intermediar (temporar) pentru un conector BNC (sau pentru a fi utilizat pentru o conexiune temporară la un analizor, sau pentru a conecta semnalul dinamic la un sistem extern de monitorizare continuă).

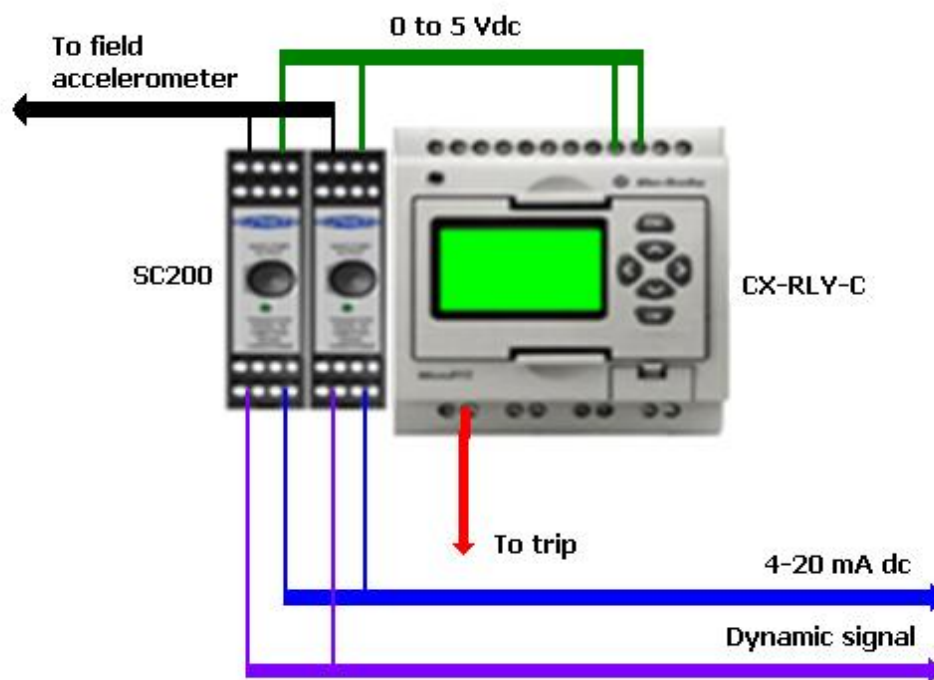


Figura 5

Schema de conectare se poate descărca de pe [ctconline.com](http://ctconline.com) , Manualul Utilizatorului modulului SC200.

**NOTĂ:** Modulul CX-RLY-C se poate conecta și la traductoare de temperatură cu domeniu de ieșire 4÷20 mA. Astfel, folosind mai multe module CX-RLY-C se poate proiecta un sistem de protecție combinat vibrație - temperatură.

## 5 SISTEME DE MONITORIZARE

Scopul sistemelor de monitorizare a utilajelor este acela de a indica/înregistra parametri măsurați.

Principalele deosebiri dintre sistemele de monitorizare și cele de protecție sunt:

- sistemele de monitorizare acceptă un timp mai mare de răspuns, inclusiv măsurarea parametrilor prin multiplexarea canalelor;
- sistemele de monitorizare pot utiliza pentru prelucrarea, afișarea și stocarea datelor, sisteme care includ calculatoarele personale.
- sistemele de monitorizare nu sunt utilizate pentru oprirea utilajului în caz de alarmă, dar pot oferi utilizatorului date privind condiția de alarmă a parametrilor măsurați.

De multe ori se face o confuzie între aceste două sisteme și datorită faptului că există echipamente disponibile pe piață care îndeplinesc ambele funcțiuni: protecție și afișare/înregistrare.

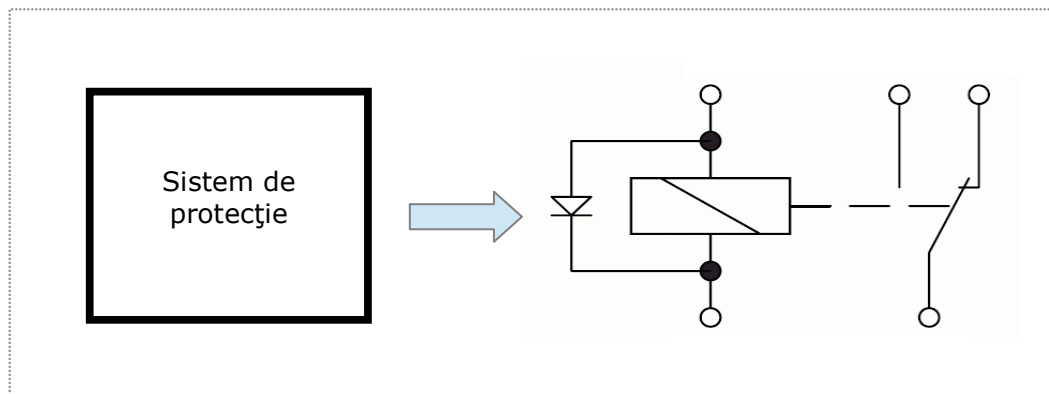


Figura 6 – Sistem de protecție



Figura 7 – Sistem de monitorizare

Timpul de răspuns al unui sistem de monitorizare poate fi de până la 20÷30 secunde. În general, sistemele de monitorizare sunt dispozitive multicanal. Parametrii pot fi achiziționați și prin multiplexarea canalelor de măsurare.

Sistemele de monitorizare pentru vibrații se utilizau în trecut aproape exclusiv

pentru utilajele critice sau foarte scumpe. În prezent, sistemele de monitorizare se utilizează din ce în ce mai des și pentru utilajele uzuale. Un exemplu este acela de a monitoriza utilajele amplasate în zone cu acces dificil sau periculos, unde măsurarea manuală presupune un factor de risc.

În prezent există două tendințe distincte privind utilizarea monitorizării vibrațiilor:

- Adăugarea traductoarelor de vibrații care măsoară vibrația totală (așa numite traductoare de 4-20 mA cu alimentare în buclă) în lista parametrilor măsurați pentru instalația tehnologică (Sisteme SCADA, DCS, etc.).
- Realizarea de sisteme de monitorizare de sine stătătoare, care, în afara valorii totale, sunt capabile să afișeze spectre de vibrații sau anvelopă, forme de undă, orbite sau alte grafice relevante. Aceste sisteme pot transfera la cerere, planificat sau la alarmă, toate aceste informații într-o bază de date pentru a fi posibilă stabilirea *stării de funcționare* a utilajului monitorizat.

În primul caz, se oferă un număr limitat de informații și anume se poate aprecia doar dacă vibrația utilajului rămâne sau nu sub o valoare prestabilită.

În cazul al doilea, se oferă și informații care pot fi utilizate pentru o diagnoză completă a utilajului cu identificarea componentelor mecanice care au produs creșterea vibrațiilor.

**NOTĂ:** La combinarea unui sistem de protecție (MPS) cu un sistem de monitorizare (CMS), circuitul de monitorizare a stării de funcționare primește informațiile de la circuitul de protecție al utilajului, și nu invers. Comunicarea între sistemele MPS și CMS utilizează căi de comunicare și rețele separate. Astfel, funcționarea sistemului MPS nu este în nici un fel compromisă sau afectată de către sistemul CMS.

### ***Sugestii și observații***

*Orice sugestie și recomandare pentru îmbunătățirea documentației este binevenită și poate fi trimisă prin e-mail la. [mobind@mobilindustrial.ro](mailto:mobind@mobilindustrial.ro).*

**Mobil Industrial AG** consideră că părerile dumneavoastră sunt de un real folos în îmbunătățirea calității documentației și viitoarelor noastre produse. În acest sens, va rugăm să ne trimiteți comentarii și observații specifice, care includ denumirea produsului și versiunea acestuia. Chiar dacă nu reușim să răspundem fiecărui mesaj în parte, vă asigurăm că le tratăm cu maximă atenție și seriozitate, și le luăm întotdeauna în considerare pentru a proiecta produse și aplicații în deplin acord cu nevoile dumneavoastră.

### ***Suport Tehnic***

#### ***Contact***

*Pentru orice problemă legată de această aplicație, nu ezitați să contactați specialiștii **Mobil Industrial AG**. Pentru a afla mai multe detalii despre noi, vizitați website-ul nostru: <http://www.mobilindustrial.ro/>*

