



Aparate Electrice Speciale

Aparate Electrice Speciale
Pentru Reglajul Tensiunii



Considerații generale

Diverse procese industriale necesită alimentarea cu valori de tensiune ce trebuie să se încadreze între anumite limite admisibile, acestea fiind furnizate prin intermediul transformatoarelor de forță din cadrul instalațiilor industriale respective, transformatoare ce trebuie să permită reglarea raportului între tensiunea primară și cea secundară, în anumite limite datorită înfășurărilor cu prize de reglaj, selectarea acestora realizându-se prin intermediul comutatoarelor de reglaj.

Tipuri de comutatoare utilizate, elemente constructive și de reglaj

Transformatoarele de forță pot permite reglajul tensiunii în două cazuri distincte:

- reglajul tensiunii în absența tensiunii;
- reglajul tensiunii sub sarcină

Transformatoarele prevăzute cu reglajul tensiunii, în absența tensiunii, se construiesc cu trei prize de reglaj, $\pm 5\%$ din tensiunea nominală, Fig.2.1a, sau cu cinci prize de reglaj, $\pm 2 \times 2.5\%$ din tensiunea nominală, Fig.2.1b.

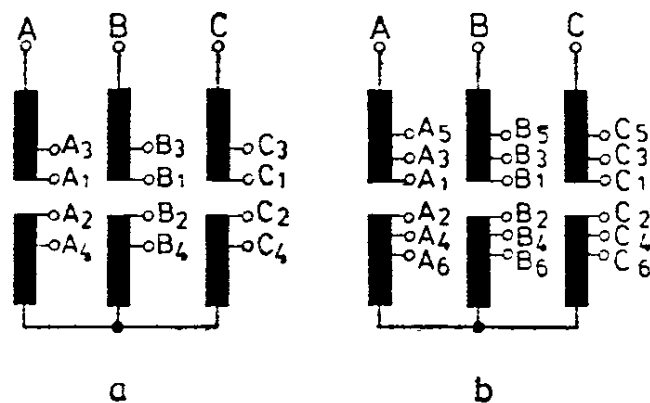


Fig.2.1 *Înfășurări cu prize pentru reglajul tensiunii*

Transformatoarele cu reglajul tensiunii sub tensiune, în sarcină, se prevăd cu mai multe prize. De exemplu, cu 19 prize de reglaj $\pm 9 \times 1.78\%$ din tensiunea nominală pentru transformatoarele cu tensiunea înaltă de 110kV, sau cu 27 prize de reglaj, $\pm 13 \times 1.25\%$ din tensiunea nominală pentru transformatoarele de 220/110kV.

Comutatoare de reglaj a tensiunii în absența tensiunii

Construcția acestui comutator depinde de valoarea tensiunii și a curentului nominal, precum și de puterea nominală a transformatorului. În Fig.2.2, se reprezintă schema constructivă a unui comutator de prize pentru reglare în stare deconectată, pentru un curent de regim de 60A și pentru tensiuni de 20 și 30kV.

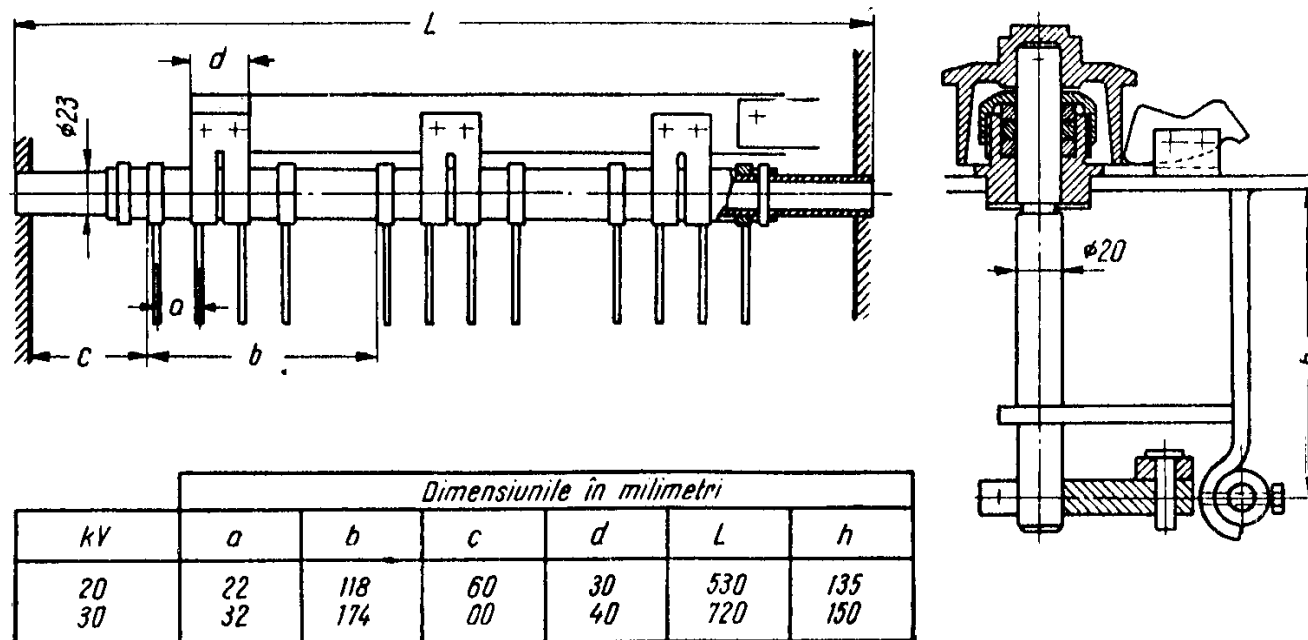


Fig.2.2 Comutator orizontal pentru comutarea prizelor în stare deconectată

Acest comutator este destinat transformatoarelor trifazate de putere până la aproximativ 1600kVA, și poate să ocupe trei poziții, corespunzătoare domeniului de reglaj $\pm 5\%$. Comutatorul poate fi folosit în cazul conexiunii în triunghi și în stea, fiind indicat ca zonele de reglaj să fie dispuse în mijlocul bobinajului.




Comutatoare de reglaj a tensiunii în sarcină

Comutatoarele cu prize de reglaj sub sarcină sunt atașate transformatoarelor de forță, reprezentând acele dispozitive cu rolul de a schimba sub sarcină raportul de transformare, de a controla nivelul de tensiune și puterile active și reactive în sistemele electrice. Fără comutatoarele cu prize de reglaj sub sarcină, modificarea acestor parametrii poate fi controlată doar la nivelul centralelor electrice sau prin întreruperea furnizării energiei electrice și utilizarea comutatoarelor cu prize de reglaj în absența tensiunii de alimentare.

Un astfel de comutator se compune în principal din următoarele subansamble:

- **selectorul**, un dispozitiv de tip controler, la care se aduc legăturile de la prizele de reglaj ale înfășurării și care alege prizele de reglaj, pe care funcționează sau urmează să funcționeze transformatorul. Trecerea de pe o priză pe alta se execută fără ruperea curentului de sarcină de către contactele selectorului, aceasta fiind efectuată anterior de către un alt subansamblu numit ruptor;
- **inversorul** sau la unele construcții **preselectorul**, este de asemenea, de tip controler cu două poziții, care are rolul de a dubla numărul de trepte de funcționare a comutatorului, contactele în mișcare ale inversorului nu sunt parcurse de curentul de sarcină. Inversorul conectează direct sau inversează capetele extreme ale întregii înfășurări de reglaj;



- **ruptorul** (comutatorul propriu-zis), are rolul de trecere a curentului de sarcină de pe o priză pe alta a înfășurării. Contactele ruptorului întrerup curentul de sarcină de la priza anterioară și îl trece pe noua priză. Deoarece în timpul funcționării contactelor ruptorului, apare un arc electric care descompune uleiul din apropiere, ruptorul este montat într-o cuvă separată din material izolant, pe sau în cuva principală a transformatorului;

- **rezistențele** sau **reactanțele** au rolul de a limita curentul la scurtcircuitarea înfășurării dintre cele două prize alăturate, la trecerea ruptorului de pe o poziție pe alta de funcționare. În cazul rezistențelor de limitare, acestea sunt montate în cuva separată a ruptorului, ale cărui contacte au o funcționare foarte rapidă (zeci de milisecunde);

- **dispozitivul de acționare** al comutatorului, permite acționarea manuală precum și acționarea prin motor electric de la locul respectiv sau de la distanță și este instalat lateral pe peretele cuvei transformatorului.

Modificarea treptelor de reglaj sub sarcină are la bază două principii:

- comutarea lentă cu inductanțe limitatoare;
- comutarea rapidă cu rezistențe.

Comutatoare de reglaj în sarcină cu reactanță limitatoare și acționare lentă a contactelor ruptorului

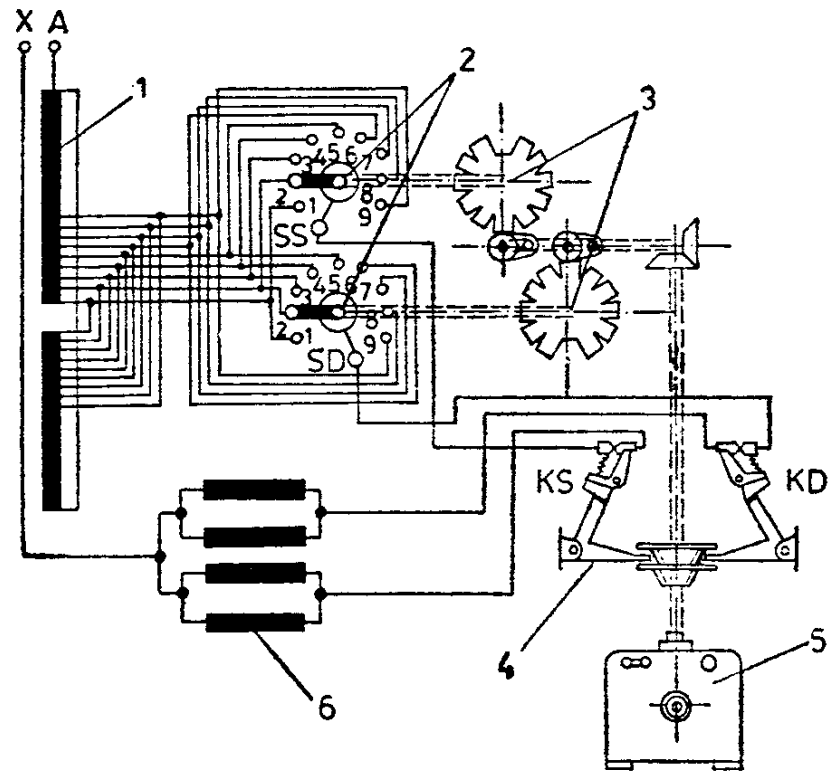


Fig.2.4 Schema electrică și cinematică a comutatorului



Ruptorul este compus din trei contactoare duble, la transformatoarele trifazate, câte un comutator dublu pe fiecare fază, montate pe o placă izolantă și în cuvă separată. Reactanța este construită sub forma unui miez magnetic trifazat cu întrefieruri pe coloanele bobinate și este montată în cuva transformatorului pe jugul superior al miezului acestuia.

Pentru efectuarea comutării, de exemplu de pe plotul II, pe plotul III, comutatorul funcționează astfel pentru o fază: ambele selectoare SS și SD, au contactul 2, închis, iar ruptorul are amândouă contactoarele KD și KS închise.

Pornind dispozitivul de acționare, operația de comutare se derulează în următoarea ordine:

- se deschide contactorul KD;
- comută selectorul SD pe plotul 3;
- se închide KD;
- se deschide contactorul KS;
- comută selectorul SS pe plotul 3;
- se închide KS.



Comutatoare de reglare a tensiunii în sarcină cu rezistențe de limitare și acționare rapidă a ruptorului

Sistemul de reglaj al tensiunii sub sarcină cu domeniu de reglaj extins prin asociere, în care se adaugă sau se elimină spirele de reglaj la înfășurarea de bază, folosind selectorul și preselectorul cu care este prevăzut comutatorul.

În aceste sisteme de reglaj, înfășurarea transformatorului de pe o fază, Fig.2.5, se compune din trei bobine. Astfel la un transformator cu 19 trepte de reglaj, deci, $U_N \pm 9 \times \Delta U$ trepte de reglaj există:

- bobina de bază (I) a înfășurării, care are un număr de spire corespunzător tensiunii minime, a treptei de reglaj cu tensiunea cea mai mică, $U_N - 9 \times \Delta U$, unde:

U_N - este tensiunea nominală;

ΔU - tensiunea unei trepte de reglaj, în general 1.25 % sau 1.78 % din U_N ;

- bobina de reglaj brut (II) a înfășurării, care are un număr de spire corespunzător unei tensiuni $9 \times \Delta U$. Are denumirea de bobină de reglaj brut sau grosier deoarece conține numai două capete (intrare, ieșire) și din această bobină nu se scot spire de reglaj.

- bobina de reglaj fin (III) a înfășurării are de asemenea, un număr de spire corespunzător tensiunii de $9 \times \Delta U$. Deci practic, această bobină are un număr de spire egal cu numărul de spire al bobinei pentru reglaj brut. Deosebirea constă în aceea că bobina de reglaj fin are scosese prize pentru fiecare treaptă de reglaj

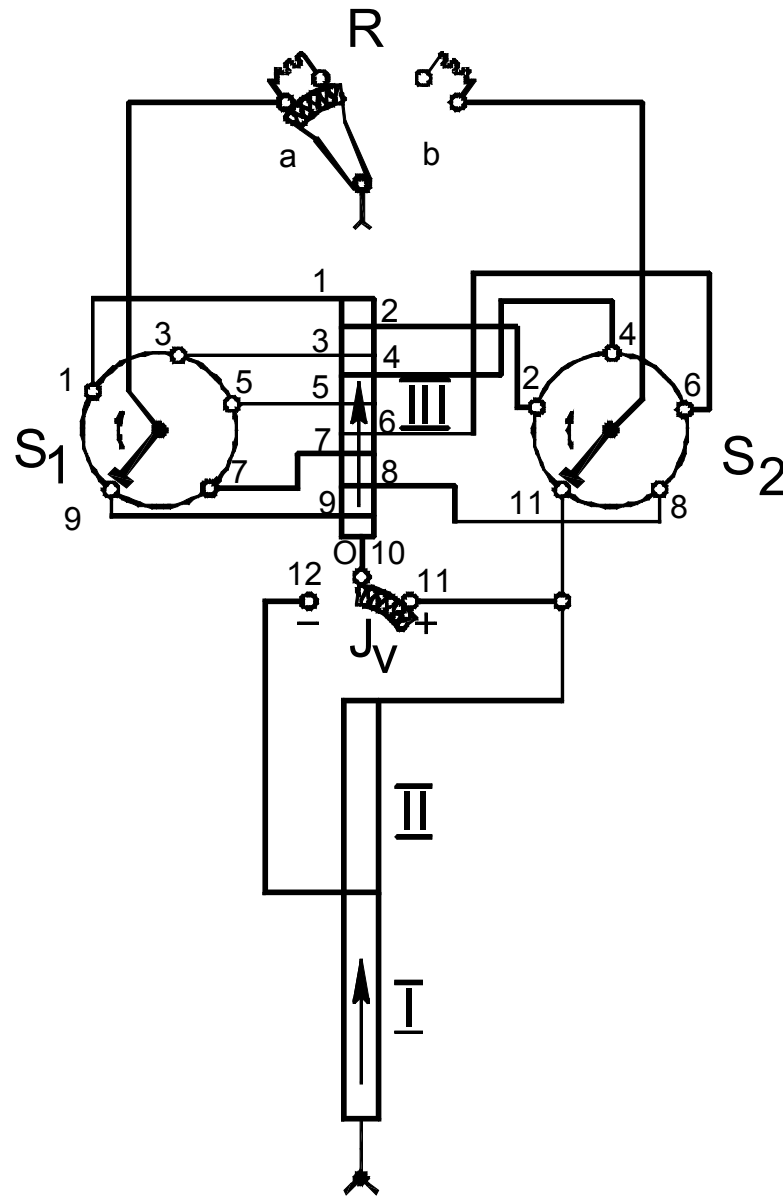


Fig.2.5 Schema cu domeniul extins prin asociere

Aplicarea comutatoarelor cu prize de reglaj sub sarcină la transformatoare. Montajele de bază ale înfășurărilor de reglaj

Modificarea raportului de transformare este efectuată prin adunarea sau scăderea spirelor atât de pe înfășurarea primară cât și secundară. Se practică trei scheme de bază, acestea fiind prezentate în Fig.2.7.

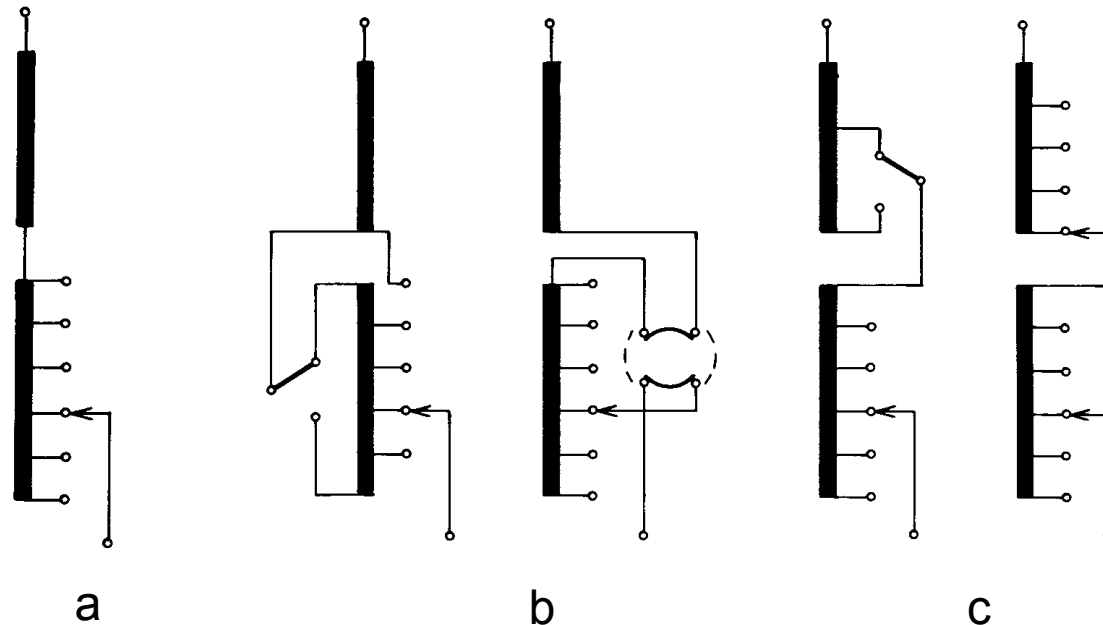


Fig.2.7 Montaje de bază pentru înfășurările de reglaj

Circuitele principale ale comutatoarelor cu prize de reglaj sub sarcină

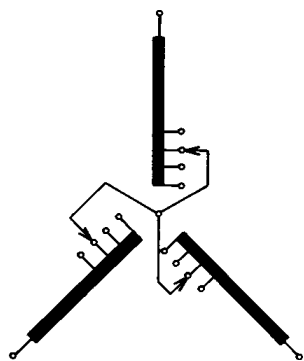


Fig.2.8 Înfășurări în conexiune stea

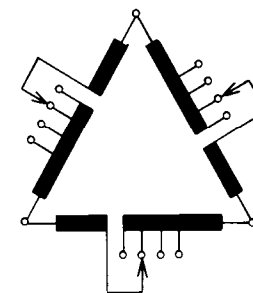
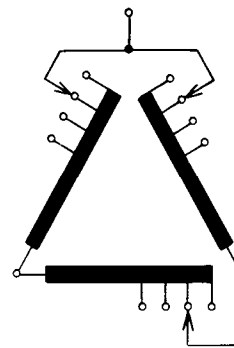
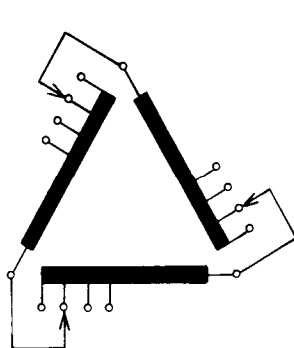


Fig.2.9 Înfășurări în conexiune triunghi

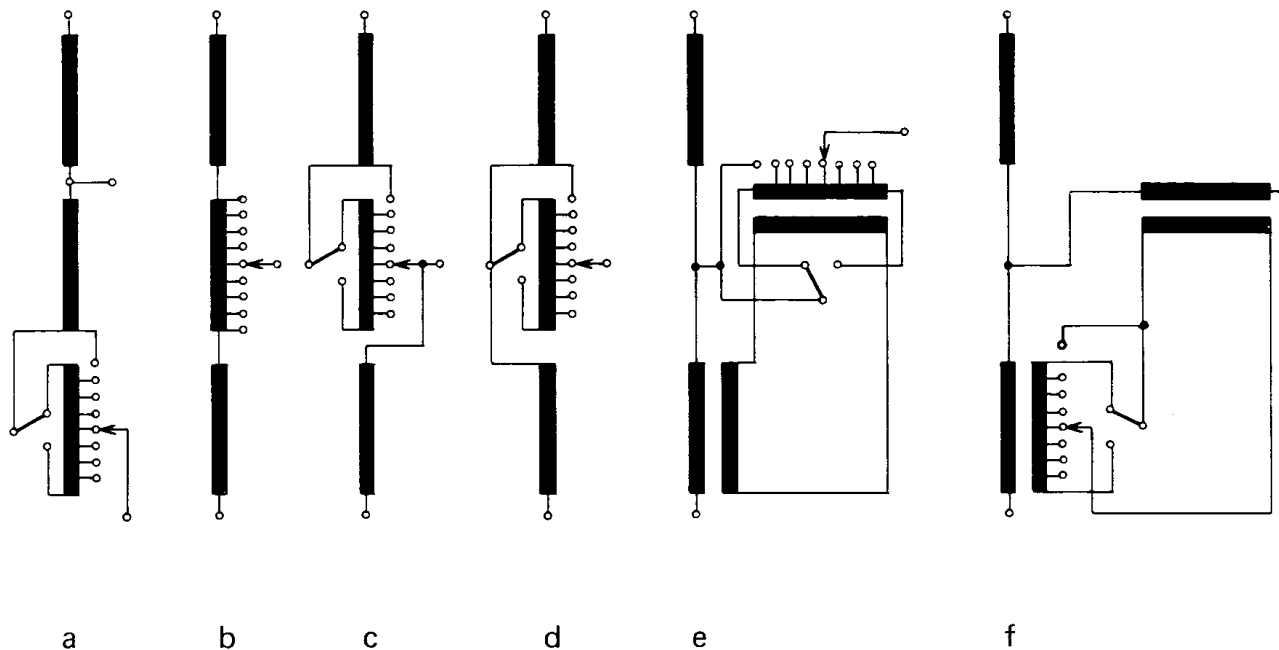


Fig.2.10 Montaje utilizate în cazul folosirii autotransformatoarelor

Concepte de proiectare și descrierea funcționării comutatorului cu prize de reglaj sub sarcină

Pentru a efectua modificarea raportului de transformare sub sarcină la transformatoare, se folosesc două concepte de proiectare. Astfel, comutatorul cu prize de reglaj sub sarcină poate cuprinde fie selectorul treptelor de reglaj cu sau fără inversor sau selectorul brut și ruptorul, fie un comutator selector combinând funcția de selector și ruptor într-un singur dispozitiv.

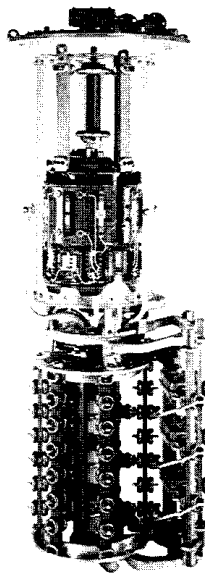
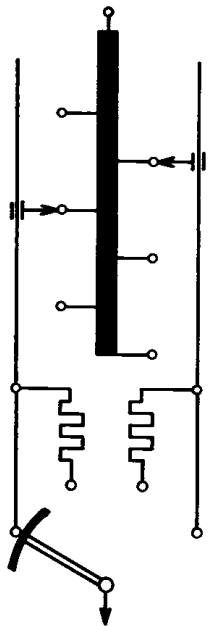


Fig.2.11 *Principiul selector - ruptor*

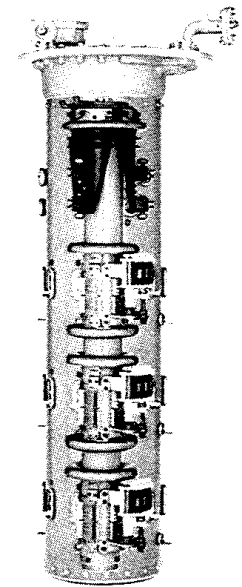
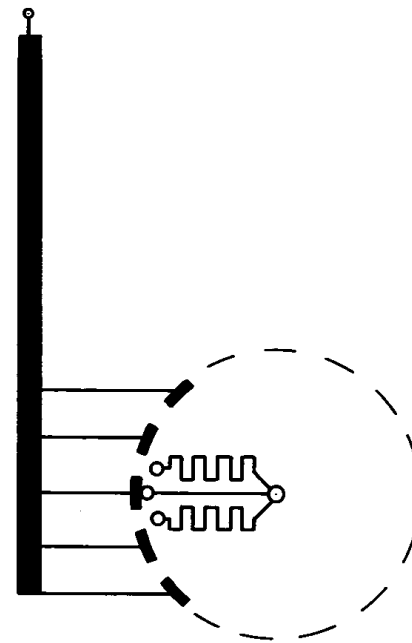


Fig.2.12 *Principiul comutator - selector*

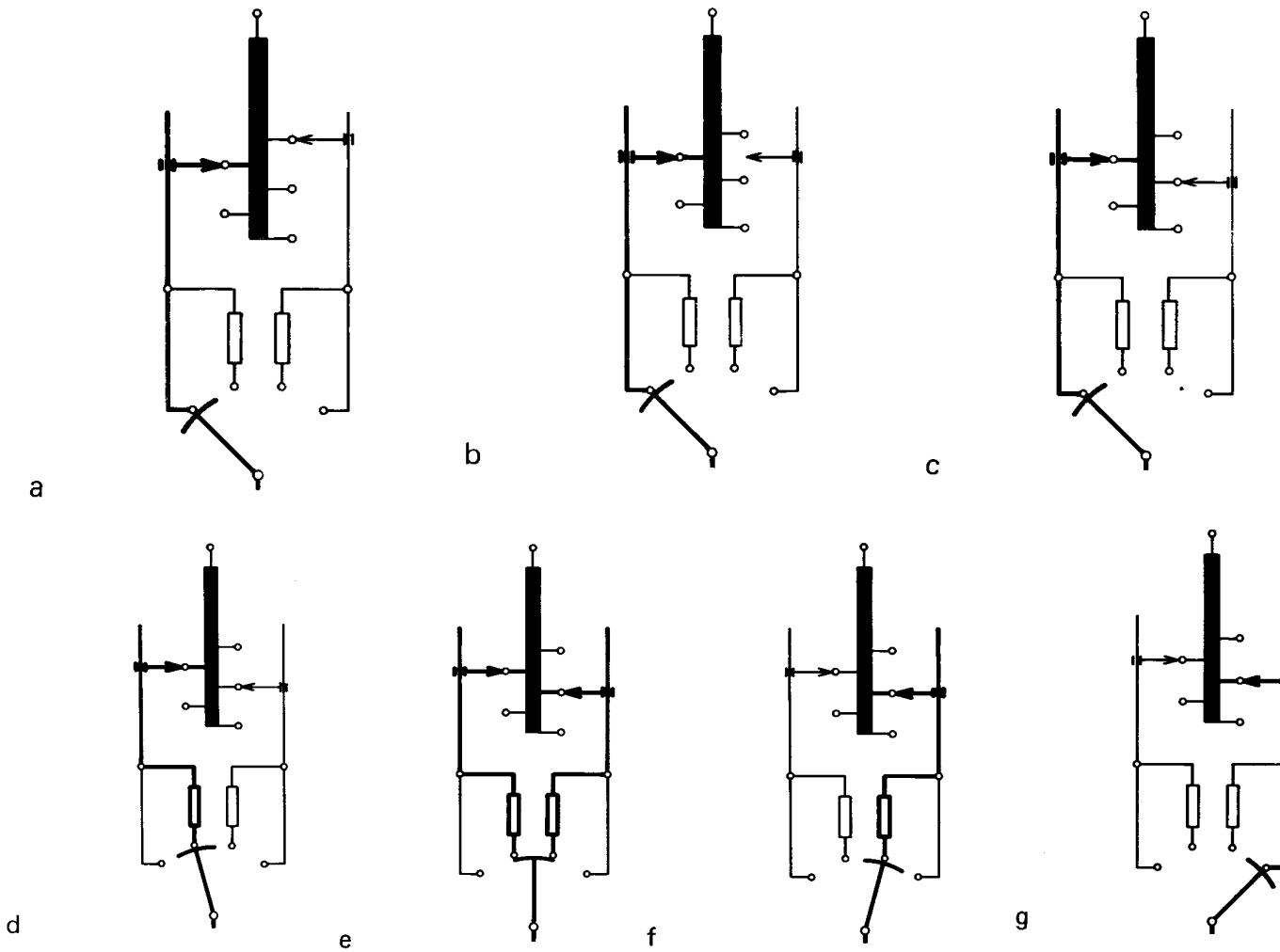
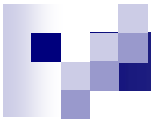


Fig.2.13 *Ciclul de funcționare pentru selector și ruptor*

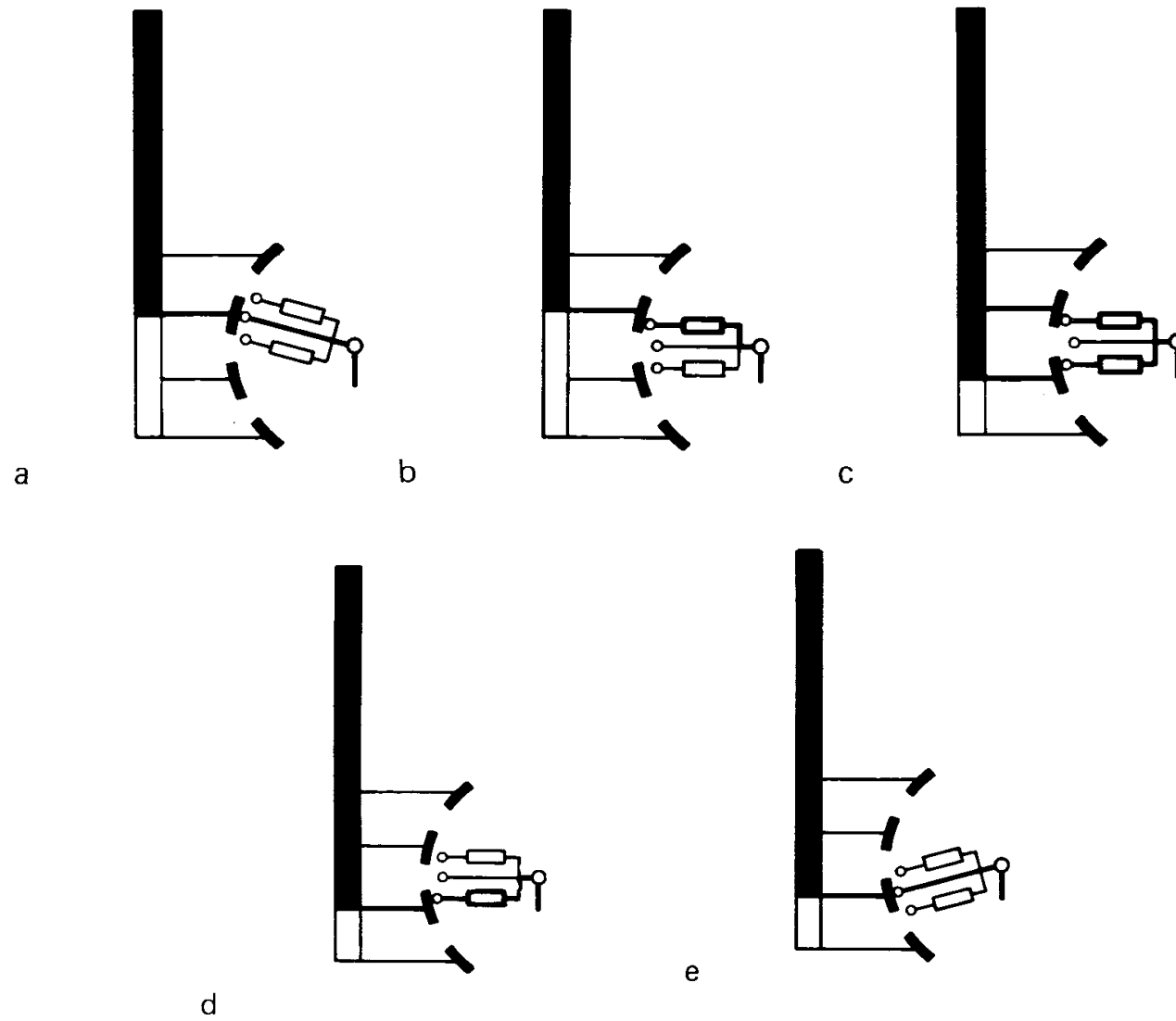



Fig.2.14 *Funcționarea selectorului*



Toate schemele utilizate în acționarea motorului din cadrul sistemului cinematic, sunt corespunzătoare dacă îndeplinesc următoarele condiții generale:

- fiecare ciclu început de comutare trebuie terminat independent de manipulările de deservire suplimentare, efectuate în timpul comutării, de exemplu, cazul apăsării unui al doilea buton;
- poziția comutatorului trebuie semnalată personalului de deservire;
- când comutatorul ajunge la o poziție extremă, continuarea mișcării să se poată efectua numai în sens invers;
- releele de timp trebuie să facă imposibilă pornirea următorului ciclu de comutare, înaintea trecerii timpului stabilit de constructor, 4...10s.



Comutatorul cu vid, tip VV

Se preferă deci tehnologia comutării în vid deoarece oferă cele mai bune rezultate și întrunește caracteristicile cerute de utilizatori, cum ar fi:

- rata de defect scăzută;
- neîntreruperea pe o durată cât mai lungă a transformatorului de reglaj;
- minimizarea lucrărilor de întreținere;
- intervale de verificare cât mai lungi;
- costuri de mentenanță scăzute.

Caracteristicile tehnologiei comutării în vid:

- căderea de tensiune corespunzătoare arcului electric în vid este considerabil mai mică comparativ cu arcul electric în ulei sau hexafluorură de sulf, ceea ce implică un consum de energie redus în timpul întreruperii contactelor și o uzură scăzută a contactelor;
- uzura redusă a materialului contactelor datorită tensiunii de arc scăzute, este practic minimizată datorită unei rate mari a condensării vaporilor de metal pe suprafața contactelor. Combinația ambelor efecte ajută la realizarea creșterii substanțiale a duratei de viață a contactelor, practic una dintre cerințele utilizatorilor de comutatoare cu prize de reglaj sub sarcină, spre deosebire de soluțiile convenționale ce implică contacte cupru-tungsten funcționând în ulei;



- ca rezultat a camerei de comutație ermetic închisă, arcul electric nu intră în contact cu nici un mediu de stingere. Astfel, caracteristicile de comutare sunt independente de mediul ambiant;
- restabilirea foarte rapidă a rigidității dielectrice cu valori ajungând până la 10kV/s, asigură timpi de arc de valori scăzute, de maximum o semiperioadă chiar în cazul unui defazaj destul de mare între curent și tensiune, sau în aplicații speciale de tip transformator-convertor, cu valori mari pentru du/dt , după trecerea curentului prin zero;
- întrerupătorul cu vid necesită distanțe de valori mici între contacte, ceea ce permite o acționare ușoară implicând o cantitate mică de energie.



Comutatorul cu prize de reglaj sub sarcină VACUTAP ® tip VV cu întrerupătoare cu vid

Comutatorul VACUTAP ® tip VV, produs de firma Maschinenfabrik Reinhausen (MR), are întrerupătoare cu vid conectate în serie cu contactele selectorului treptelor de reglaj. Întrerupătorul cu vid întrerupe circulația curentului prin calea de curent exact înainte de deschiderea contactelor selectorului treptelor de reglaj, asigurând astfel deconectarea acestora pe durata lipsei sarcinii. Calea de curent este din nou închisă de întrerupătorul cu vid corespunzător, imediat după ce contactele selectorului treptelor de reglaj, au deconectat sarcina de la contactele fixe învecinate, asigurând astfel închiderea contactelor selectorului pe durata lipsei sarcinii.

Comutatoarele cu prize de reglaj sub sarcină cu selector și ruptor separat, au atât treptele corespunzătoare înfășurării de reglaj cu conexiuni către ruptor, cât și posibilitatea transferării, de asemenea, la ruptor, a solicitării impulsului de înaltă tensiune, ce poate apărea la înfășurarea de reglaj.



Desfășurarea comutării la acest tip de comutator este o combinație între un comutator direct și un comutator cu ruptor și selector separate. Principiul de comutare este însă ca la un comutator la care selectarea și comutarea au loc separat.

Comutatorul direct dispune de o rolă contact de comutare în mijloc și câte o rolă contact de rezistență în stânga și în dreapta rolei contact de comutare. Acestea sunt parcurse de curent în timpul conectării comutatorului direct, în funcție de respectiva stare de conectare. Desfășurarea comutării este mereu la fel în ambele direcții.

Sistemul mobil de comutare al comutatorului VV este executat după cum urmează:

- 4 contacte selectoare mecanice paralele, ramura principală, MTS;
- 2 contacte selectoare mecanice paralele, ramura de rezistență, TTS;
- 1 contact de comutare celulă vacuum, ramura principală, SKV;
- 1 contact de comutare celulă vacuum, ramura de rezistență, TTV;
- 1 rezistență de supracomutare, R;
- 2 contacte de glisare derivate, STC.

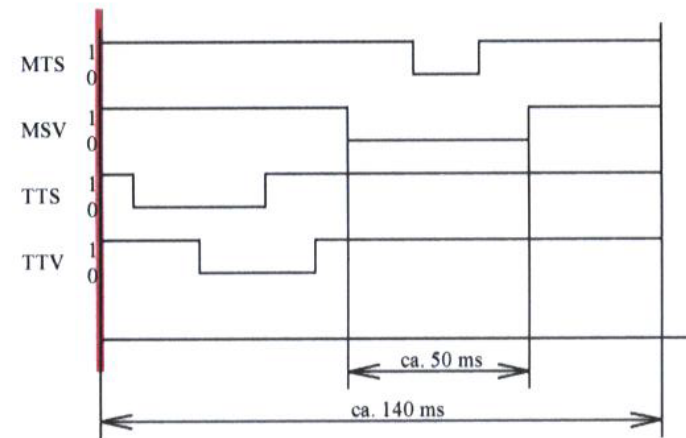
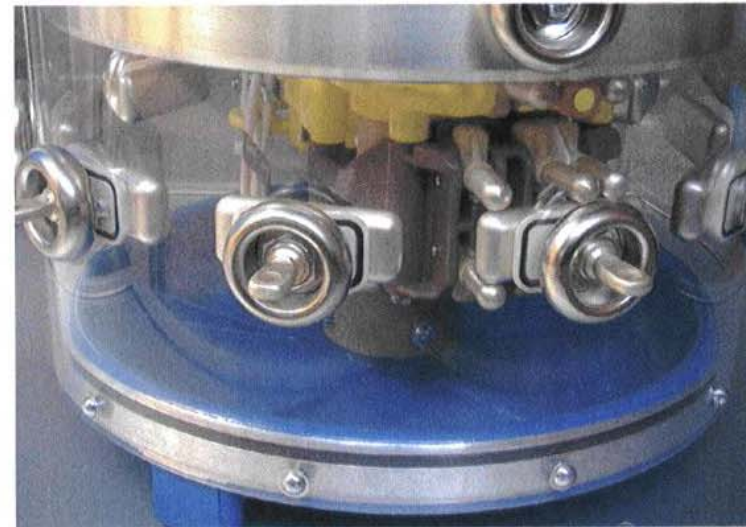
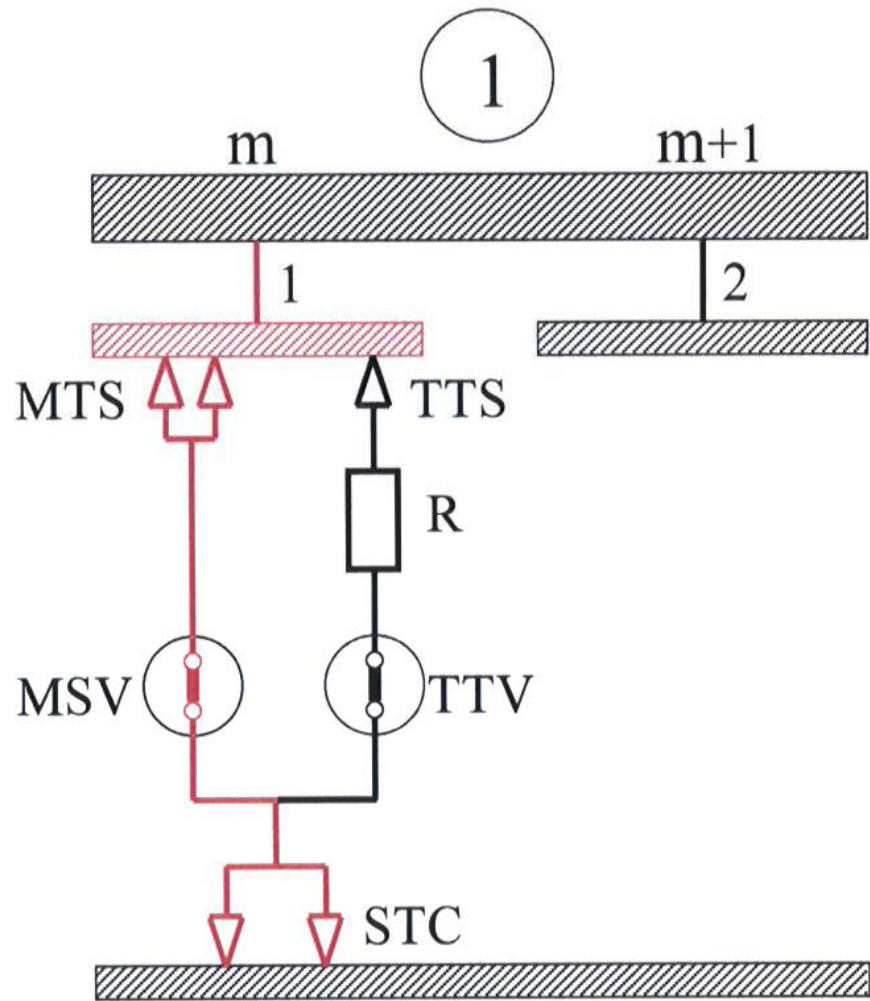


Fig.2.26 Ambele celule cu vid sunt închise

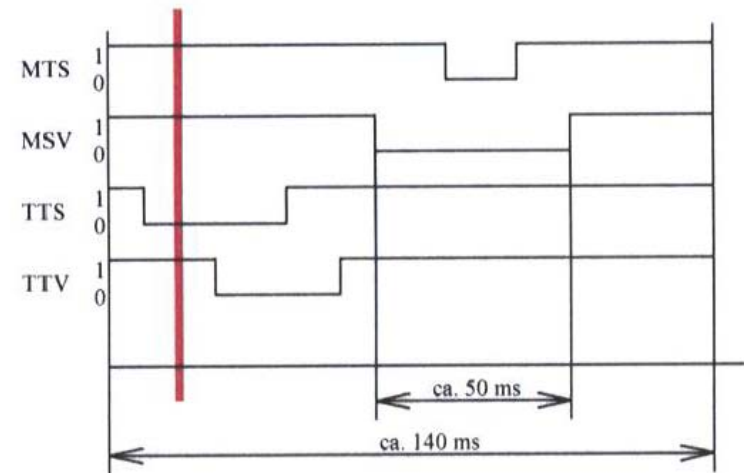
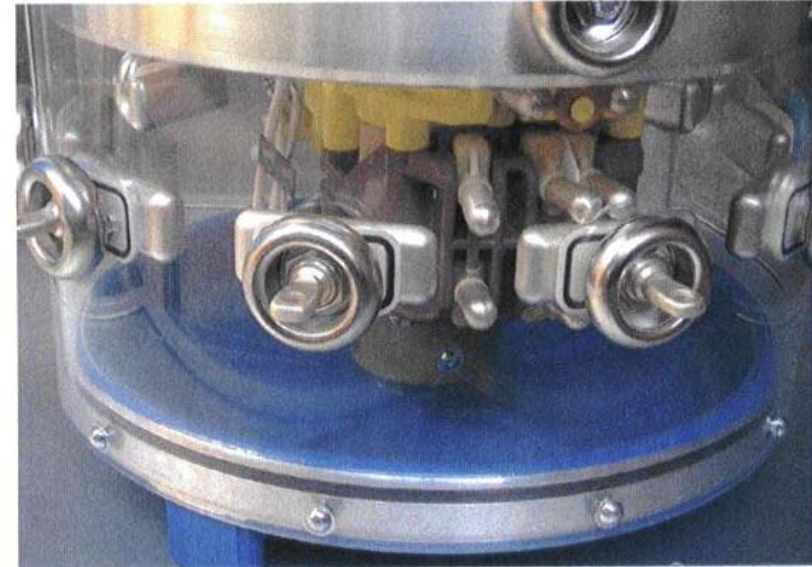
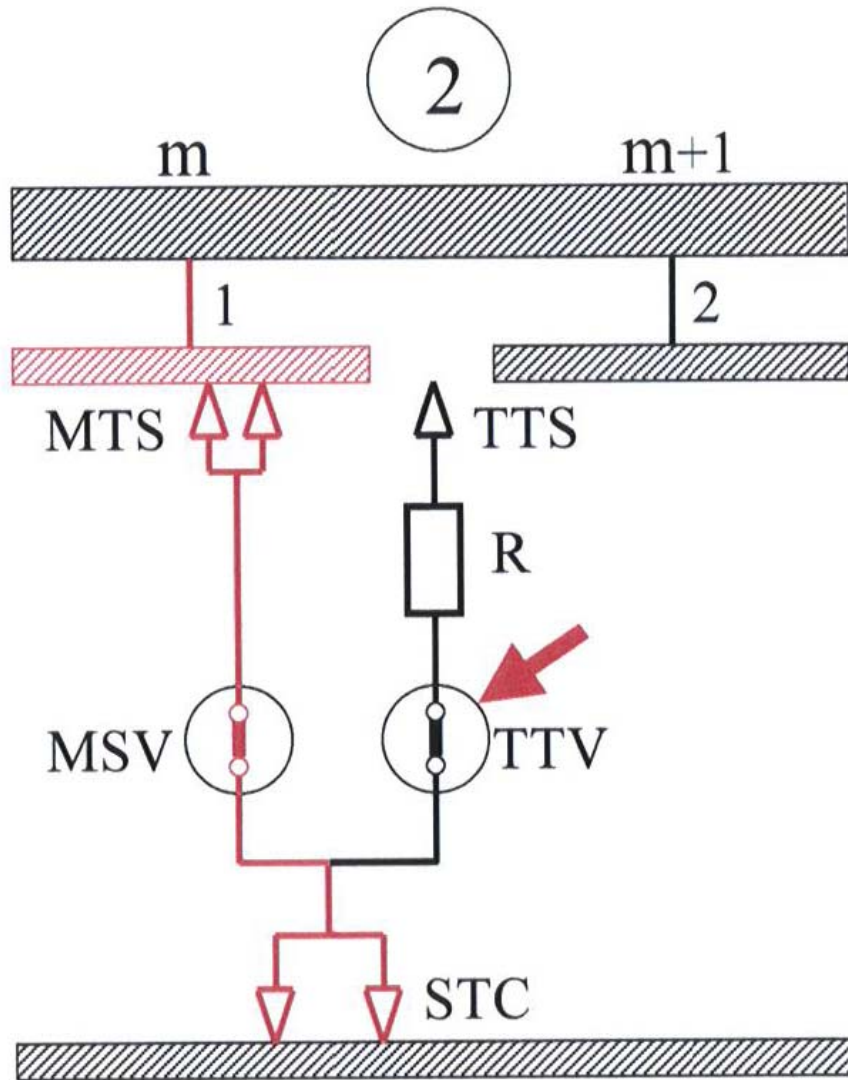
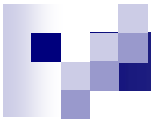


Fig.2.27 Segmentul de conectare, se mișcă în direcția contactului fix 2

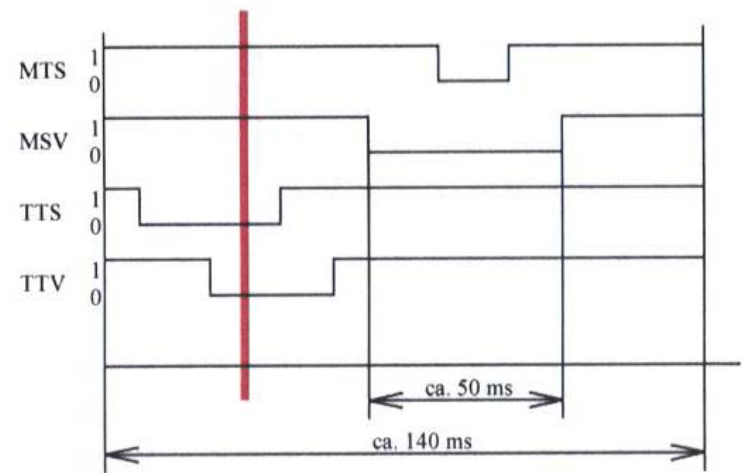
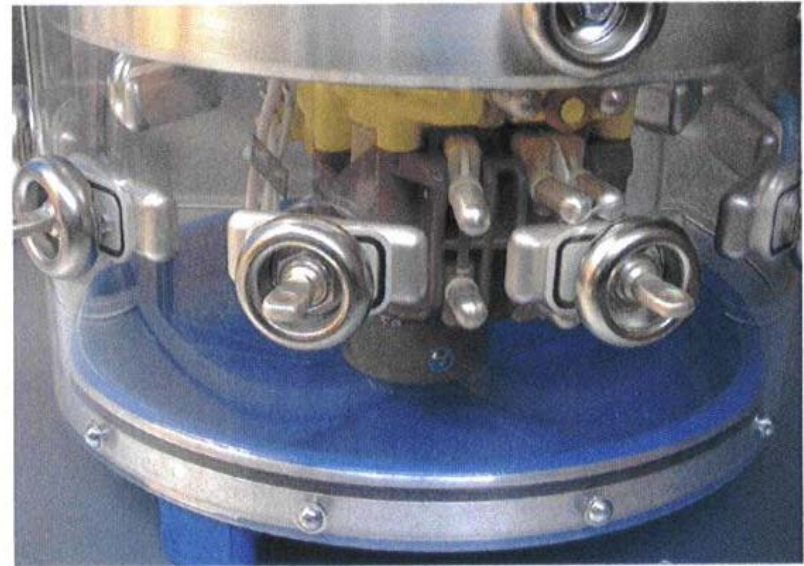
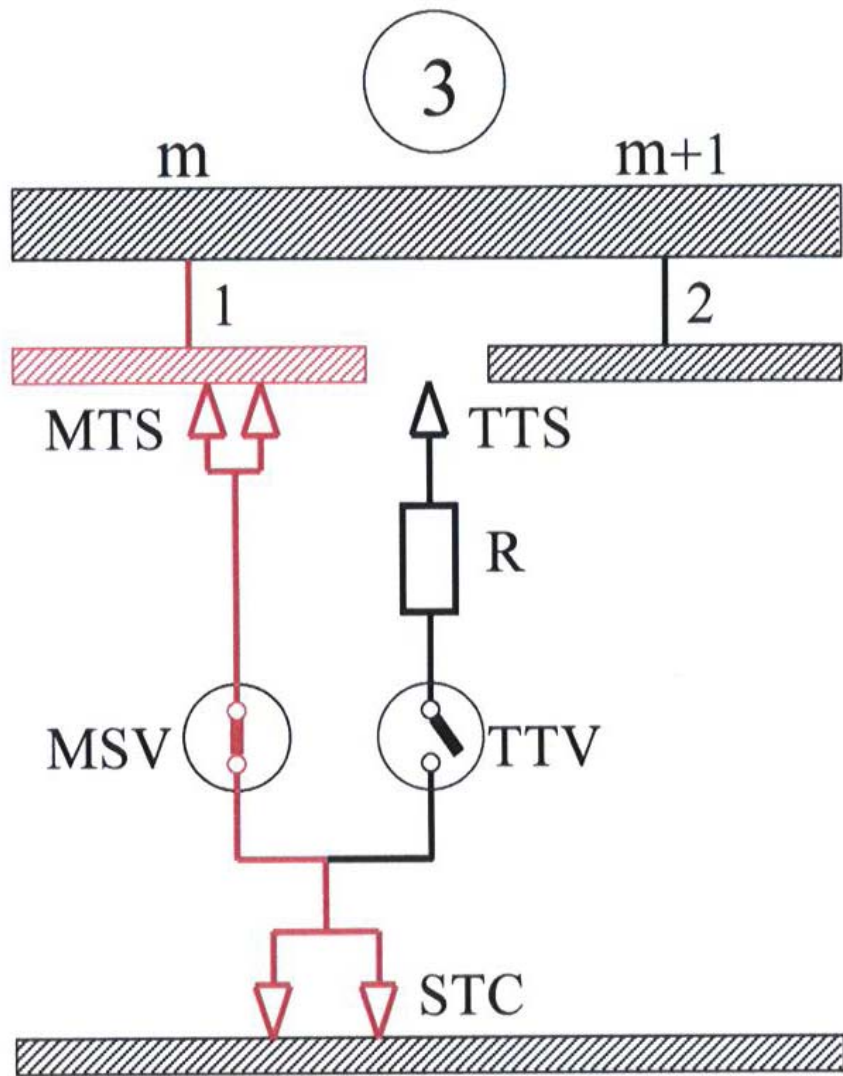


Fig.2.28 *Se deschide celula cu vid TTV*

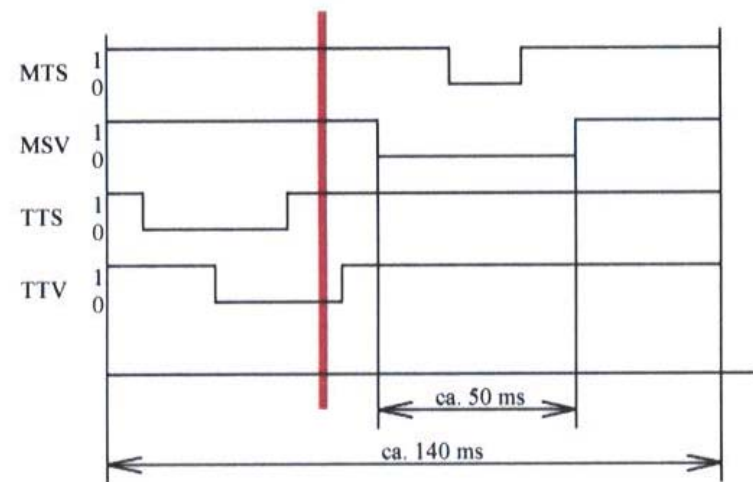
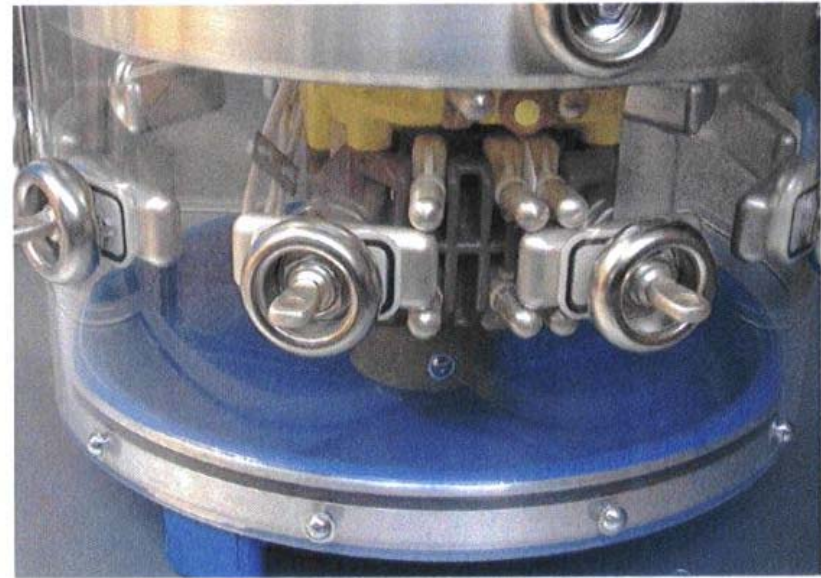
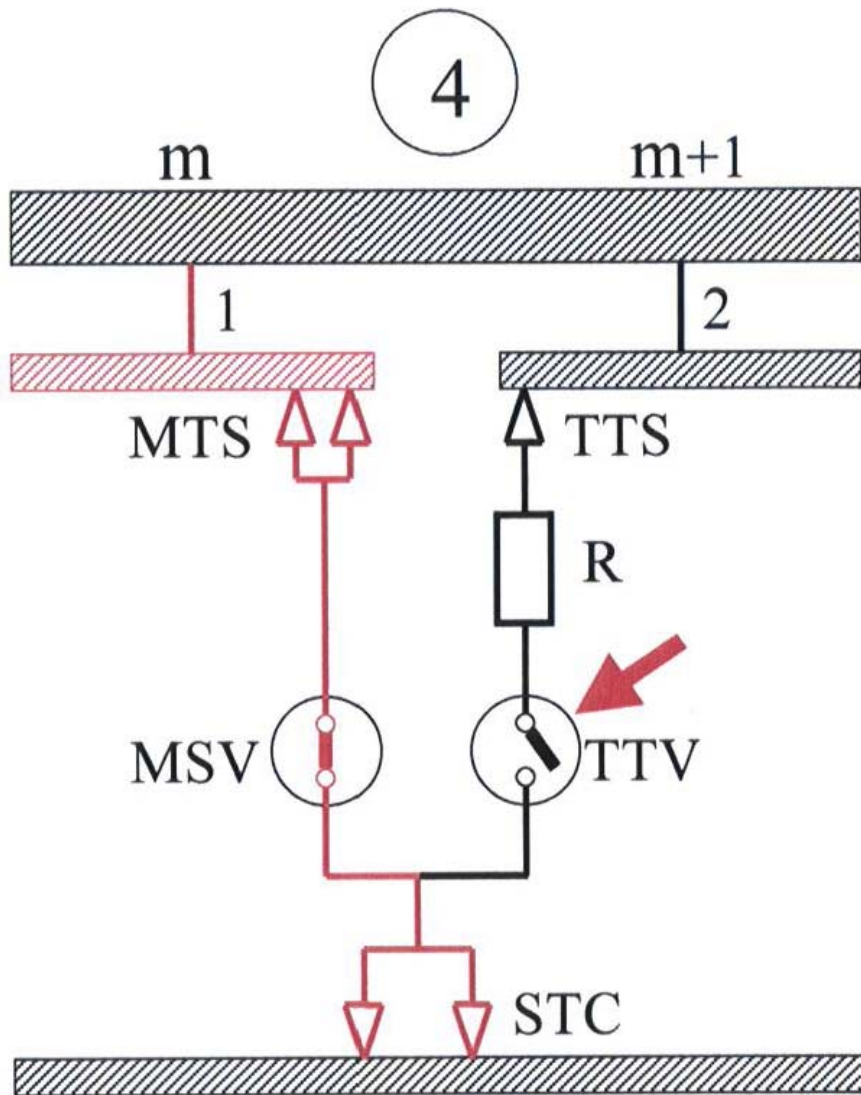


Fig.2.29 Contactele de rezistență TTS, se comută pe contactul fix 2

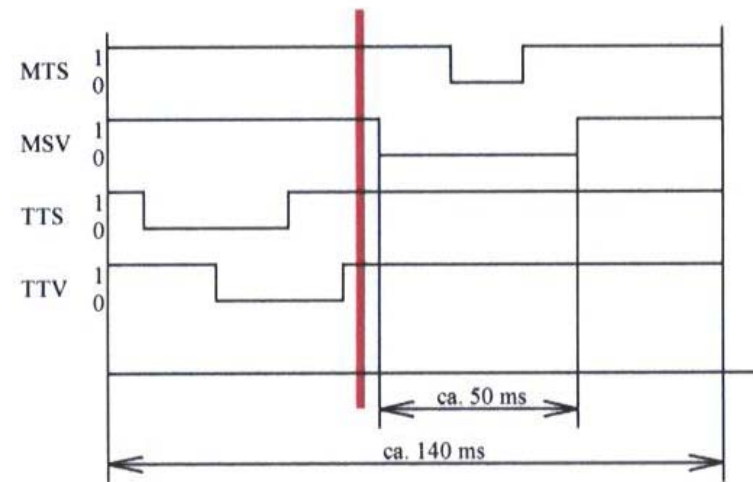
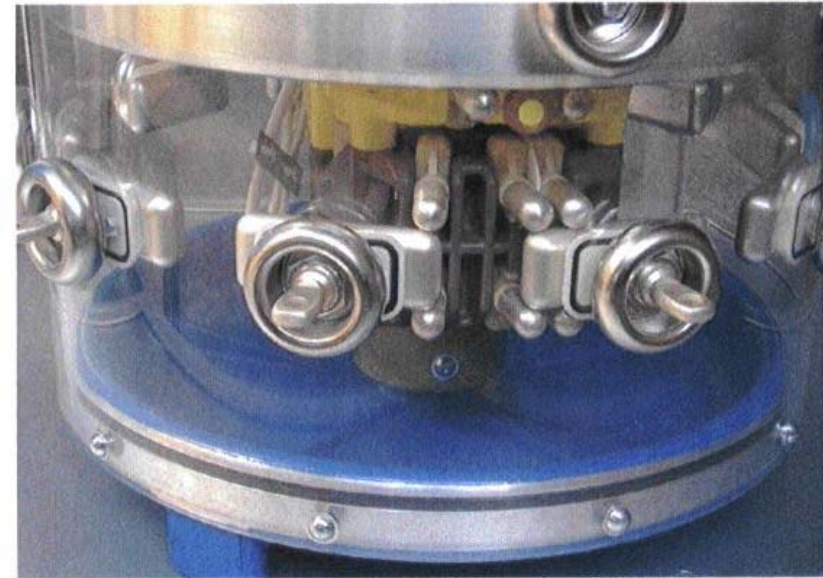
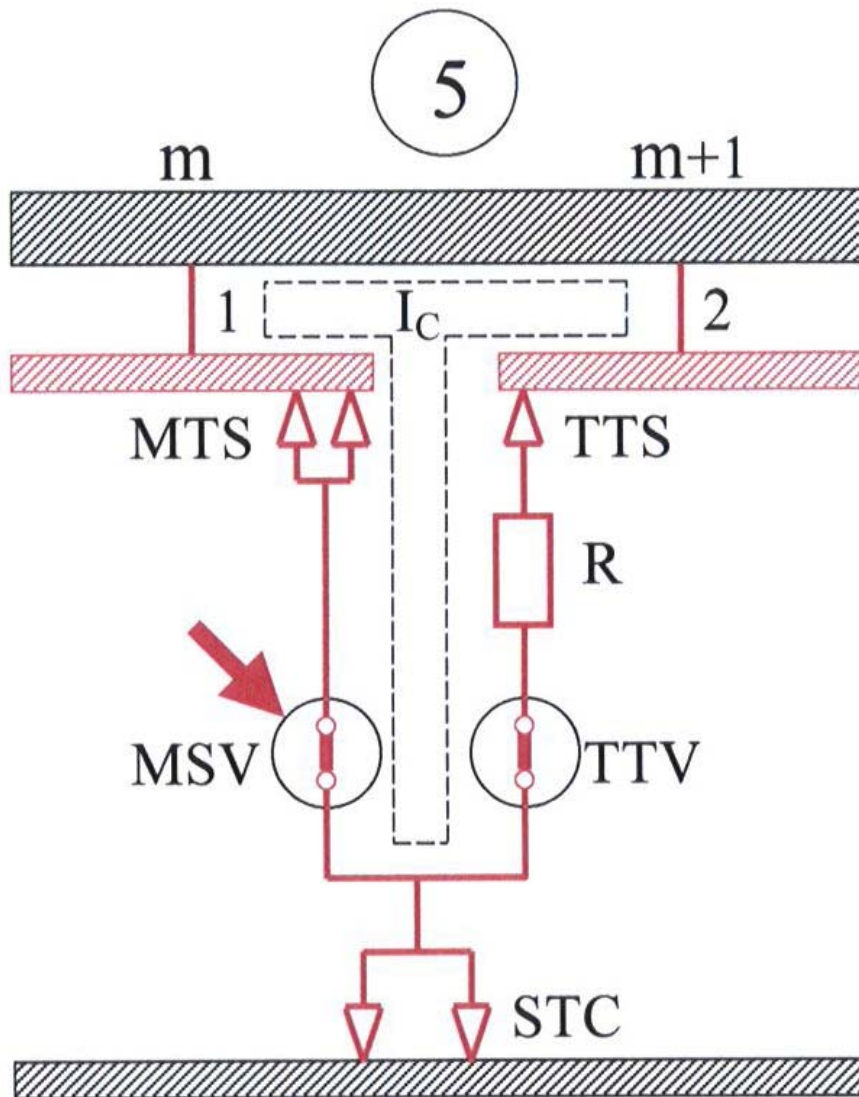


Fig.2.30 După comutare, celula vidată se reînchide

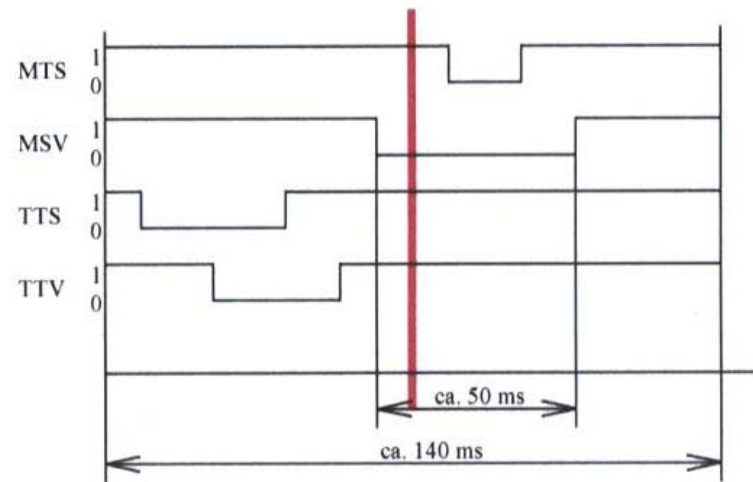
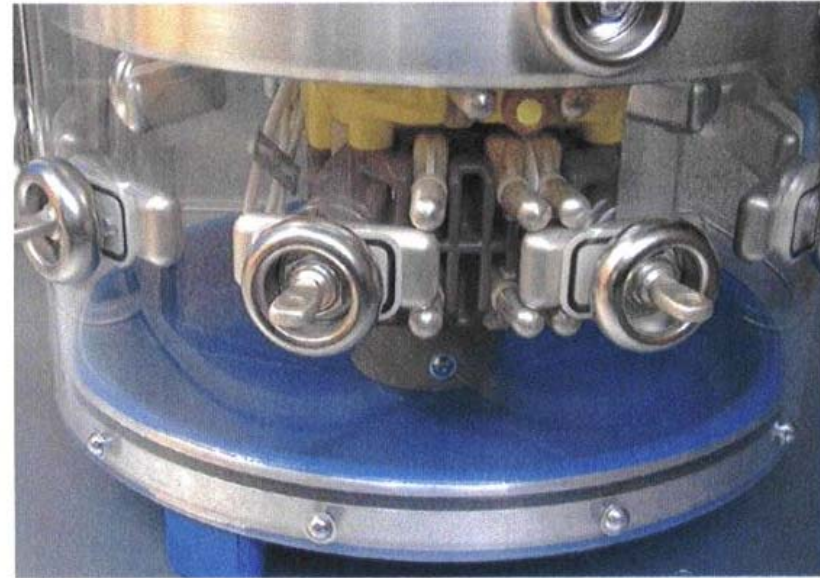
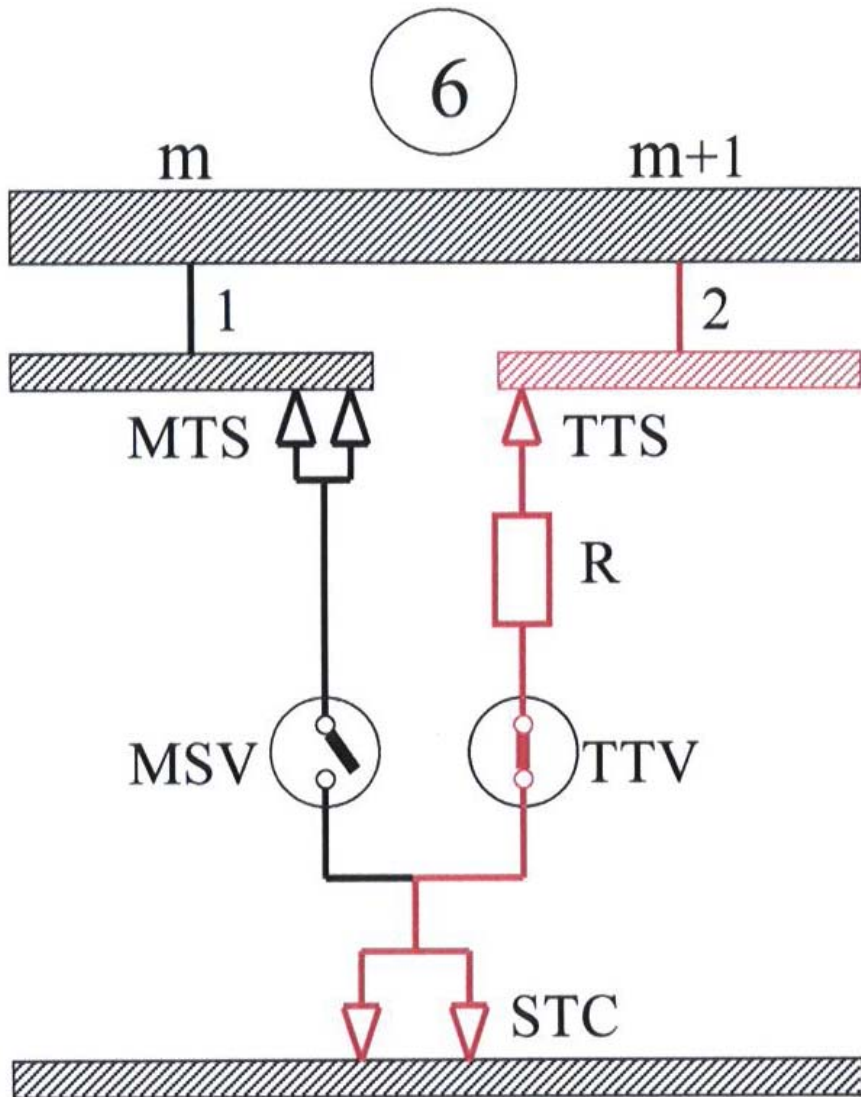


Fig.2.31 La deschiderea celulei MSV, curentul comută pe contactele auxiliare TTS

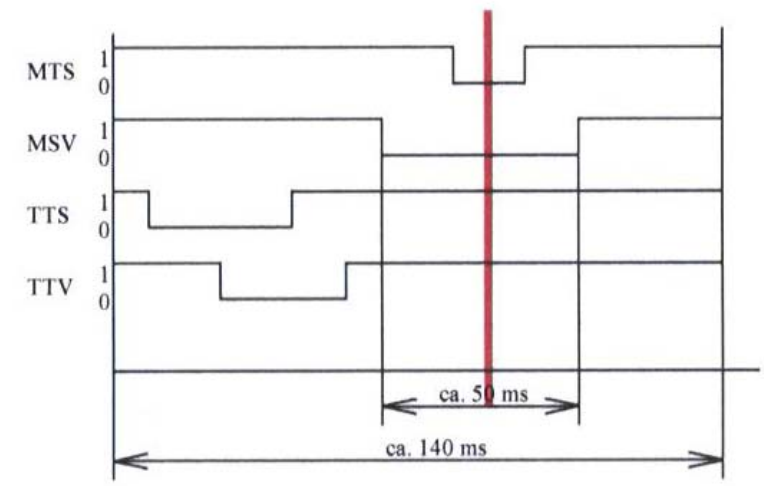
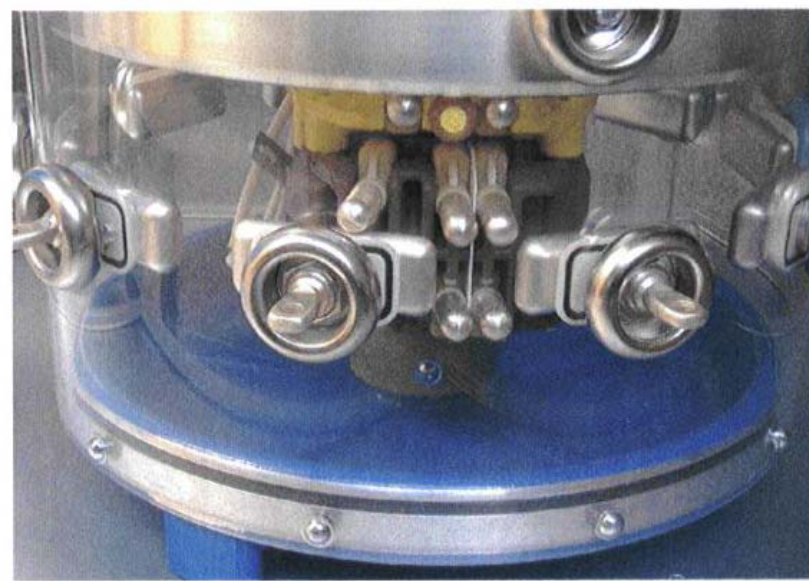
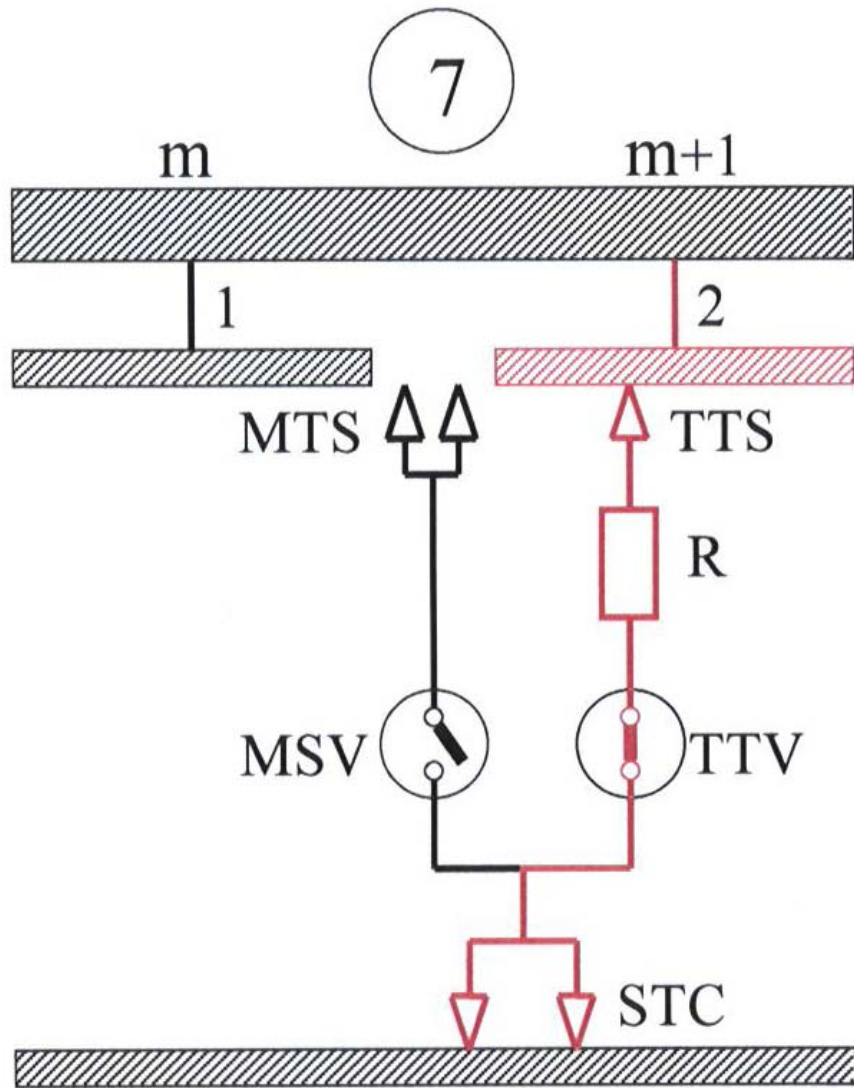


Fig.2.32 Contactul de comutare MTS se comută de pe contactul fix 1

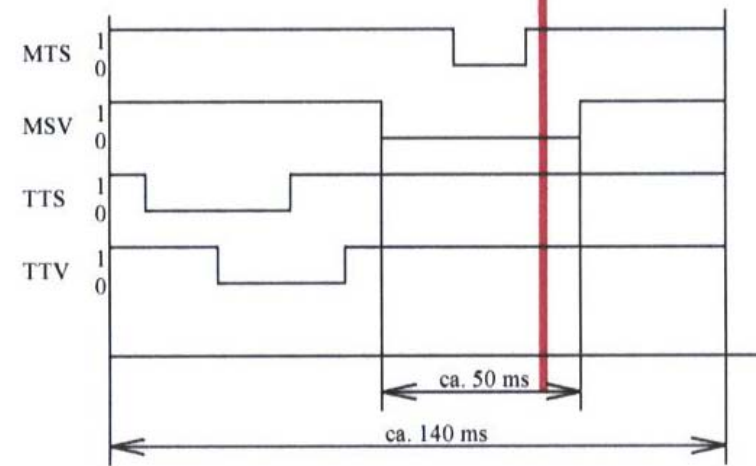
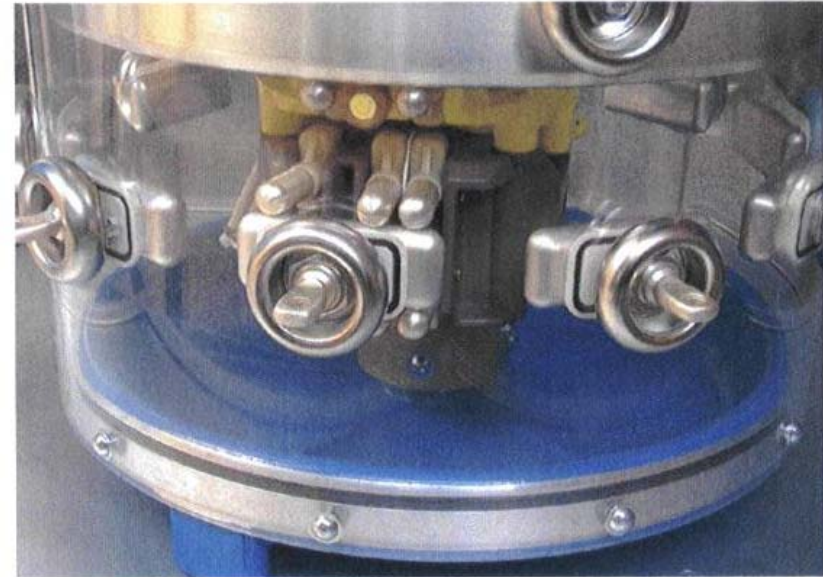
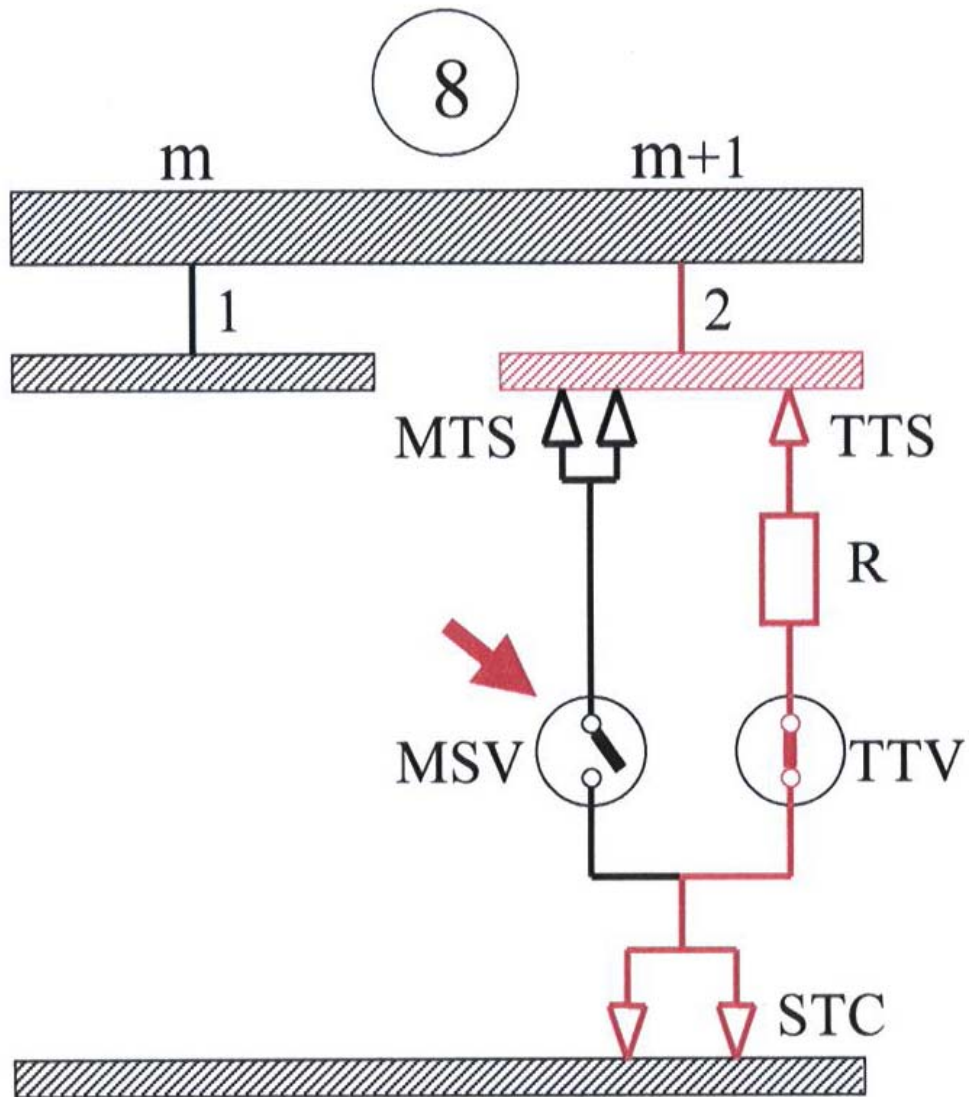


Fig.2.33 Contactele de comutare MTS se comută pe contactul fix 2

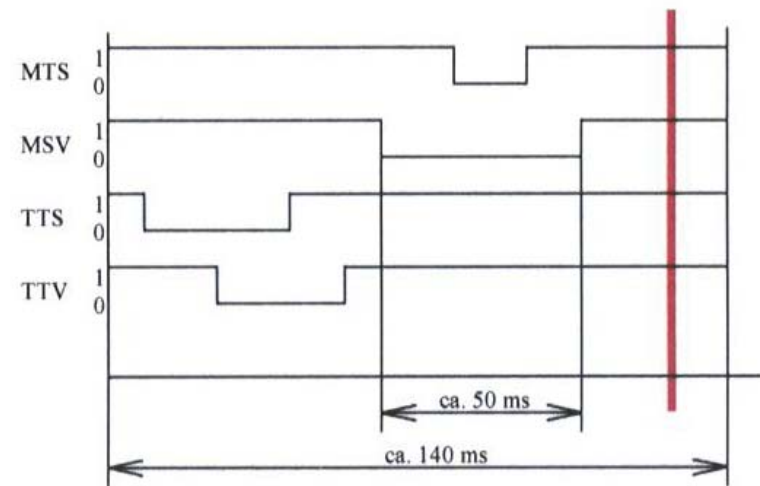
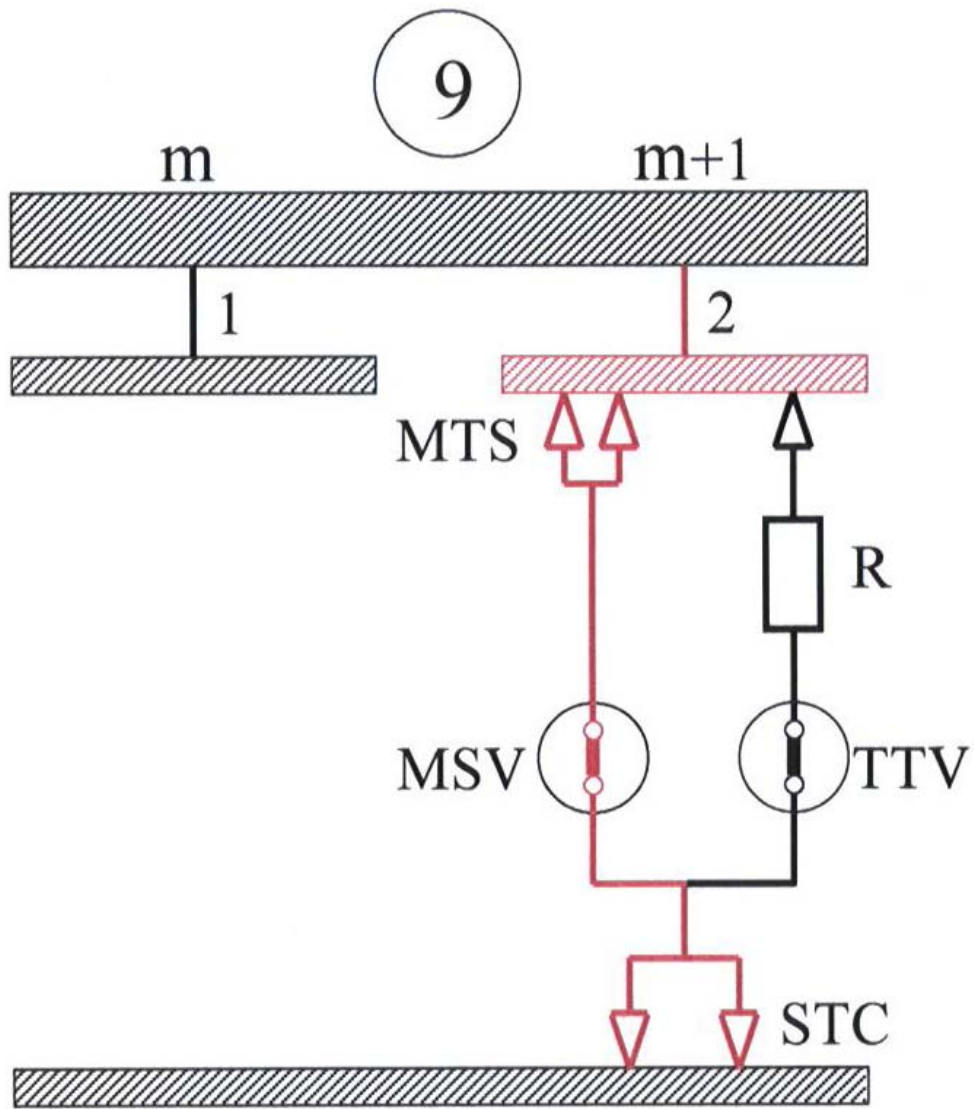


Fig.2.34 Se închide celula vidată MSV



La contactele de conectare și cele auxiliare, celulele cu vid sunt comutate în serie. Aceste celule se închid sau se deschid în timpul comutării, în funcție de solicitări.

După cum reiese din fiecare pas, celulele cu vid se deschid și se închid la comutare în funcție de necesități. Timpul de comutare al celulelor este fixat mecanic printr-o culisă de comutare fixă.

Datorită construcției asimetrice a segmentului de comutare, există în ambele direcții desfășurări diferite ale procesului de comutare, cu timpi proprii diferiți. În direcția inversă, comutarea se realizează în ordinea exact inversă, deci aceasta se derulează retro.