

CONSIDERATII TEORETICE SI TEHNICO-ECONOMICE

anexă la descrierea invenției:

"Releu pentru protecția motoarelor electrice trifazice la
întreruperea alimentării întregi fază"
=====

1. După cum s-a arătat în descriere, releul după această invenție se bazează pe faptul că tensiunea invers indusă în înfășurarea motorului rămasă dezlegată de la rețea este mai mică, dar și defazată - rămasă în urmă - față de tensiunea corespunzătoare a rețelei, aceea care înaintea întreruperii a fost aplicată motorului.

Să considerăm într-adevăr în fig.4 alăturată (numerotarea figurilor este în continuare la aceea din descriere), diagrama vectorială trifazată de tensiuni a unui motor trifazat. Această diagramă este, după cum se știe, analoagă diagramei vectoriale trifazate de tensiuni a unui ~~max~~ transformator. Am precizat: diagrama "trifazată", deoarece în general transformatoarele și motoarele trifazate se studiază numai prin diagramele lor monofazate. În problema noastră este însă necesar a se considera diagrama trifazată completă.

În fiecare fază a statorului avem relația bine cunoscută a echilibrului tensiunilor, și anume:

$$\bar{U}_1 = R_1 \bar{I}_1 + X_1 \bar{I}_1 + \bar{E}_1 \quad (1 = 1, 2, 3)$$

în care:

$\bar{U}_1$ este tensiunea aplicată,

R_1 - rezistența ohmică,

X_1 - reactanța de scăpări,

$\bar{I}_1$ - curentul de sarcină,

$\bar{E}_1$ - f.e.m. (contraelectromotoare), indusă în înfășurare prin rotația cîmpului învîrțitor rezultat și opusă tensiunii aplicate.

În diagrama fig.4 vectorii $\vec{OA}$, $\vec{OB}$, $\vec{OC}$, reprezintă tensiunile $\vec{U}_1$ aplicate (tensiunile rețelei), iar vectorii $\vec{OA}'$, $\vec{OB}'$ și $\vec{OC}'$ f. e.m. $\vec{E}_1$ induse, care compuse cu căderile ohmice $R_1 \vec{I}_1$ și inductive $X_1 \vec{I}_1$, tin în fiecare fază echilibru celor dintâi.

Căderile de tensiune pentru faza A de exemplu, sînt reprezentate prin triunghiul dreptunghic ADA' și se vede bine că f.e.m. indusă $\vec{E}_1$ este nu numai mai mică, dar și rămasă în urmă de unghiul ψ față de tensiunea $\vec{U}_1$ aplicată motorului pe această fază.

În mod normal f.e.m. $\vec{E}_1$, prin natura ei de forță contraelectromotoare, nu poate fi desprinsă de căderile de tensiune cu care este compusă, spre a putea fi separat observată și măsurată, această f.c.e.m. fiind un fenomen cu totul intern al mașinei. Dacă însă în timpul mersului, alimentarea motorului este întreruptă în faza considerată, rotorul și cu dînsul și cîmpul rezultat -unic pentru toate trei fazele înfășurării- continuă să se învîrtească și să inducă în înfășurarea dezlegată de la rețea f.e.m. $\vec{E}_1$, reprezentată prin vectorul $\vec{OA}'$.

Această f.e.m. este însă acum de-a dreptul observabilă și măsurabilă la un voltmetru sau -mai în speță- la un releu de tensiune legat la bornele motorului, căci neexistînd sarcină pe înfășurarea respectivă, căderile de tensiune în această înfășurare sînt nule, așa că tensiunea la borne este una și aceeași cu f.e.m. indusă înrînsa.

În acest fel, la borna A a releului în locul tensiunii inițiale $\vec{OA}$ apare acum tensiunea $\vec{OA}'$, defazată de unghiul ψ față de cea dintîi. În consecință, între bornele releului, în locul tensiunilor compuse normale $\vec{AB}$, $\vec{BC}$ și $\vec{CA}$, făcînd între ele unghiuri egale, și anume, de cîte 120° , vor apare tensiunile $\vec{A'B}$, $\vec{BC}$ și $\vec{CA}'$, cu alte unghiuri de fază între ele. Așadar, într-un sistem de inducție cu două

L. H. R. L.

circuite -analog adică unui wattmetru sau contor de inducție, decât numai cu ambele circuite circuite de tensiune- și ca atare sensibil la fazele tensiunilor care îl alimentează, aceste tensiuni modificate se vor manifesta printr-o variație a cuplului motor produs.

Dacă în special, conform invenției, fluxurile produse de aceste tensiuni în sistemul activ al releului sînt astfel potrivite, încît în regim normal cuplul motor în releu să fie nul, atunci el nu va mai fi nul la pierderea unei faze în alimentarea motorului, cu apariția la releu, în locul acesteia, a tensiunii inverse OA' (sau alta, după care anume a fost faza întreruptă), iar releul va acționa.

Aceasta se vede în fig.4 pentru cazul considerat al întreruperii în faza A. Într-adevăr, în locul tensiunii A_0 inițial aplicată unui circuit și perpendiculară ($\alpha = 90^\circ$), pe tensiunea BC, aplicată celuilalt circuit, apare tensiunea A'_0 , care nu mai este perpendiculară pe tensiunea BC, ci formează cu aceasta unghiul de fază $\alpha \neq 90^\circ$, ceea ce va provoca acționarea releului.

2. S-a precizat în descrierea invenției că, deși schema în T, adică cu conexiunile $A_0 \perp BC$ (fig.1), resp. $A_0 \perp BC$ (fig.2), nu sînt simetrice în raport cu toate trei bornele releului, totuși, aceasta funcționează la fel oricare ar fi faza în care s-a produs întreruperea alimentării.

Aceasta se vede, fără de nevoia altor explicații, în care A'_0, BC , $A_0, B'C$ și A_0, BC' reprezintă respectiv diagramele vectoriale în T ale tensiunilor primare (adică înaintea transpunerii tensiunii A_0 într-o altă tensiune în cuadratură cu dînsa), pentru fiecare caz de întrerupere a unei faze; și se vede că în toate trei cazurile posibile -reprezentate în figură prin linii diferite punct-

in fig.5.
L. Blume

tate- cele două tensiuni în joc nu mai sînt perpendiculare una pe alta, și deci, după transpunerea în cuadratură a uneia din ele, ele nu mai sînt în coincidență de fază; așa că, în definitiv ele dau în releu un cuplu motor finit, oricare ar fi faza întreruptă.

Acest lucru s-a verificat și experimental cu ajutorul prototipului de principiu care, oricum ar fi legat în paralel la bornele motorului și oricare ar fi faza întreruptă dă deviații practice egale, două într-un sens și una în sensul celălalt.

3. Schemele de transpunere în cuadratură -sau cu oricare alt defazaj- a unei tensiuni cu ajutorul unui cuadripol în punte, constituit cu elemente R, L și C, pe care le folosim în invenția noastră, se găsesc, împreună cu demonstrațiile respective, în manualul bine-cunoscut al lui F.V. Malorov: "Electroniile Regulatori", Moscova 1956, pag. 72...74, așa că nu este necesar să le dezvoltăm aici.

Calcululele efectuate pe baza formulelor indicate arată că, în cazul unui releu conform invenției, avînd în circuitele sale consumul de curent al ~~maxi~~ circuitului de tensiune al unui contor obîgnuit, sînt necesare, în execuția cuadripolului conf. fig. 1, două rezistențe a cca. 5000 ohmi la 0,02...0,03 A și doi condensatori a cca. 0,65 μ F, 350 V, ceea ce nu ar fi nici costisitor, nici voluminos pentru introducerea lor în cutia releului.

4. Senzibilitatea releului se prevede a fi foarte mare. În principiu sistemul activ al acestuia este constituit și lucrează analog unui contor de inducție, care, după cum se știe, trebuie să demareze la o sarcină de cel mult 1 % din cea nominală.

În cazul releului, în care ambele tensiuni, resp. fluxuri active, sînt și rămîn practic constante, variabila este numai unghiul de defazaj dintre ele. Cu alte cuvinte, la construcție și dimensiuni egale cu acelea ale unui contor obîgnuit, releul va demara la o

L. J. Blau

valoare $\sin \psi \approx 1$ % din $\sin \psi \approx 1$, ceea ce înseamnă la un defazaj între fluxurile active de numai $0,01 \times 57^\circ = 34'$.

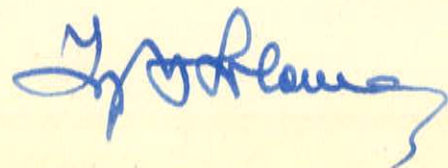
Se poate însă calcula -iar calculul făcut de noi stă la dispoziție la cerere- că în cazul concret al motorului asincron de 28 kW, pentru care sînt indicate toate datele necesare în Manualul Inginerului Electrician, vol. II, pag. 202, unghiul de defazaj, de care rămîne în urmă tensiunea invers indusă față de tensiunea rețelei, la sarcină plină a motorului, este de $5^\circ 08'$. După toate transpunerile din releu aceasta duce la un cuplu motor egal cu 19 % din cuplul motor plin (acela corespunzător unui contor la sarcină nominală).

Acest cuplu fiind deci mult mai mare decît acela care, conform celor de mai sus, este necesar pentru demararea releului, rezultă că sistemul activ al acestuia va putea fi executat cu un volum de fier și cupru simțitor mai mic decît sistemul activ al unui contor și încă deviația releului va fi destul de puternică spre a acționa sigur un contact de semnalizare sau de comandă a unui întrepruptor automat.

5. S-a menționat în descriere că, la o combinare a releului în chestiune cu alte elemente de protecție, cunoscute, și anume, cu 3 elemente electromagnetice de supracurent, 1 element termic de suprasarcină, 1 element de tensiune nulă, în total, cu releul nostru, 6 elemente de protecție, se poate obține o protecție completă a motorului, adică față de toate incidentele ce se pot ivi în exploatare. Într-adevăr:

a) Cele trei elemente electromagnetice de supracurent, acestea singure cîte unul în fiecare fază, acționează la scurtcircuite între oricare două faze.

b) Deasemenea și la scurtcircuite la masă în oricare fază a motorului.



c) Elementul termic protejează la suprasarcini, care în orice motor normal se manifestă egal în toate fazele sale. Eventuale nesimetrii magnetice sau de altă natură se manifestă numai în curentii la gol și se estompează cu totul la sarcină, așa că și în privința acestora un singur element este suficient. Dacă în prezent întreruptoarele automate se prevăd cu 3 elemente termice, aceasta se face numai în vederea protecției motorului și la întreruperea unei faze, lucru care nu mai este necesar aici unde această protecție este asigurată prin releul special respectiv.

d) Elementul de tensiune nulă protejează la întreruperea totală a alimentării -pană în rețea. Un singur element este deci suficient, oricare ar fi fazele între care ar fi conectat, aceasta pentru același motiv ca mai sus că, la întreruperea alimentării în numai o fază protecția este preluată de către releul special al invenției.

e) Elementul invenției, de asemenea un singur element, întrucât după cum s-a arătat, acesta acționează la întreruperea curentului în oricare din cele trei faze.

Cele de mai sus se înțeleg pentru cazul că incidentele menționate se produc în timpul mersului motorului. Protecția funcționează însă și dacă tensiunea lipsește total sau parțial la pornirea motorului. Într-adevăr:

f) Dacă nu este de loc tensiune pe linie, atunci releul de tensiune nulă împiedică închiderea întreruptorului.

g) Dacă la încercarea pornirii lipsește numai o fază, atunci, motorul neputând porni în monofazat, situația este analogă cazului unui motor frânat. Curentul ce se stabilește astfel în fazele aflate sub tensiune are caracterul unui curent de scurtcircuit, care deci, prin elementele electromagnetice de supracurent va provoca redeschiderea imediată a întreruptorului. Acesta fiind prevăzut

Handwritten signature: Z. Blum

cu 3 astfel de elemente, protecția este asigurată oricare ar fi faza lipsă.

Se vede deci că un întreruptor prevăzut cu cele 6 elemente de protecție menționate, dintre care ~~exka~~ unul este acela nou al invenției în discuție, protejează motorul față de toate situațiile și incidentele ce se pot ivi în exploatare, în total față de 15 diferite posibilități.

Singura eventualitate neconsiderată este aceea a unei întreruperi a unei faze în aval de releul nostru. Acesta urmînd a se conecta în general chiar la bornele motorului, un astfel de caz ar însemna numai întrerupere în chiar înfășurarea motorului, caz extrem de rar în practică. Totuși, releul invenției, și anume în execuția conform fig. 1, adică cu legătură conductivă prin punctul "o" între ambele circuite ale releului -conexiune de tipul Scott- acționează și la o întrerupere a unei faze înăuntrul motorului, fie în mers, fie la pornire. Acțiunea aceasta se produce însă numai în raport cu două faze, așa că pentru o protecție totală mai trebuie a se adăoga un releu identic -sau un releu cu două sisteme active- cel de al doilea fiind conectat la bornele motorului cu o permutație circulară de o fază față de cel dintîi.

Considerînd însă că defectul ~~xxx~~ în chestiune intervine foarte rar în exploatarea practică, nu credem interesant a intra în detalii, nici nu găsim necesară adăogarea acestui de al doilea element. Dacă ni se va cere vom da explicațiile suplimentare necesare în legătură și cu acest gen de accident, observînd că în acest fel se ajunge la o protecție absolut totală a motorului față de un total de 21 diferite posibilități.

Aceeași protecție totală se poate obține și în cazul motorului protejat prin siguranțe, plus releul invenției executat pentru semnalizare optică sau acustică la întreruperea unei faze, cu deo-

L. J. Blane

sebiea că în cazurile notate mai sus sub a, b, f și g ar d^{c, d,} ard siguranțele, împiedecând în acest fel arderea motorului.

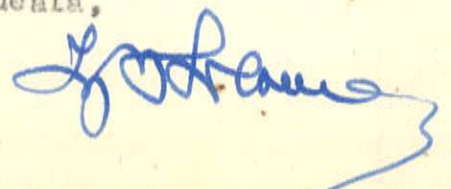
6. Nu putem prezenta o evaluare a costului releului, o evaluare reală putându-se face numai după realizarea prototipului definitiv și stabilirea procesului tehnologic al fabricării în serie. Se poate însă aprecia acest cost printr-o relație de inegalitate, respectiv prin găsirea unei limite superioare a acestui cost în comparație cu un aparat care din punct de vedere constructiv ar fi cel mai apropiat de releul în chestiune.

Acest aparat ar fi contorul monofazat de curent alternativ. Față de acest contor releul invenției se prezintă după cum urmează:

- a) Electromagnet activ mai mic și mult mai simplu, el fiind lipsit de piesele de scurtcircuitare la poli și de șunturi magnetice ș.a., necesare la contoare pentru realizarea defazării de 90° .
- b) Releul nu are axă, nici lagăre cu pietre dure.
- c) Releul nu are magnet de frînare cu dispozitivele de reglaj aferente.
- d) Releul nu are numărător cifric cu transmisia reductoare aferentă.
- e) Placă de borne mai simplă, numai 3, maximum 4 borne mici, numai de tensiune, nu și de curent.
- f) Ca urmare la cele precedente releul necesită o placă de bază și o cutie mai mici și mai ușoare.
- g) Releul nu necesită reglajul de mare precizie pe eroare minimă pe toată gama de lucru pe $\cos \phi = 1$ și $\cos \phi = 0$, cum le cere contorul, reglaj laborios și costisitor.

În schimb releul necesită în plus față de contor:

- a) 2 condensatori,
- b) 2 rezistențe, toate de mică cheltueală,
- c) 2 perechi contacte,



d) Un element de frînare și amortizare, cel mai simplu printr-o frînă de aer (cataractă).

e) În cazul releului numai semnalizator optic, o dușie pentru prinderea unui bec colorat.

Toate acestea din urmă, care se adaugă releului în raport cu contorul sînt, fără discuție, mult mai puțin costisitoare decît cele multe, menționate mai sus ca nefiind nevoie de ele la releu, așa că, în definitiv releul rezultă simțitor mai puțin costisitor ca un contor de energie.

Intrucît acesta din urmă are actualmente un preț de Stat de lei 136.--, se poate considera această cifră ca o limită superioară a prețului releului. La acest preț maxim - în realitate el va costa simțitor mai puțin - acest releu va fi abordabil și se va putea prevedea și la motoarele cele mai mici și în instalațiile cele mai nepretentioase.

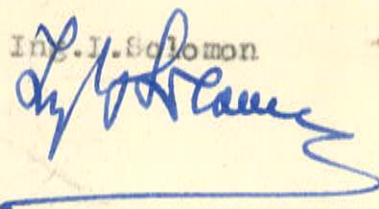
7. S-a menționat în cîteva locuri că invenția a fost deja confirmată experimental printr-un prototip. Observăm însă, că este deocamdată un prototip numai de principiu, executat prin transformarea corespunzătoare a unui vechi voltmetru electrodinamic. El nu face deci contact de semnalizare sau de comandă, ci arată numai printr-o deviație a acului întreruperea alimentării într-o fază. Totodată el confirmă, prin imobilitatea acului său indicator, că este într-adevăr un aparat de zero, insensibil la tensiunea rețelei și la variațiile, oricît de mari, ale acesteia.

Ținem acest prototip - la cerere - la dispoziția beneficiarului

București, 06 mai 1959

Anexă: 1 desen cu 2 fig.

Ing. I. Solomon



Handwritten signature

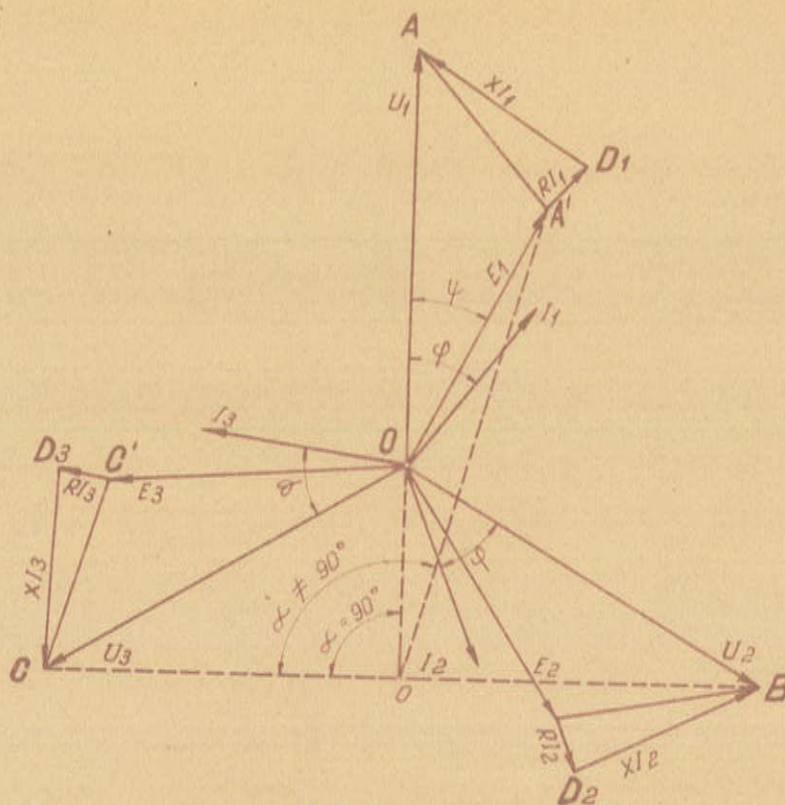


Fig. 4

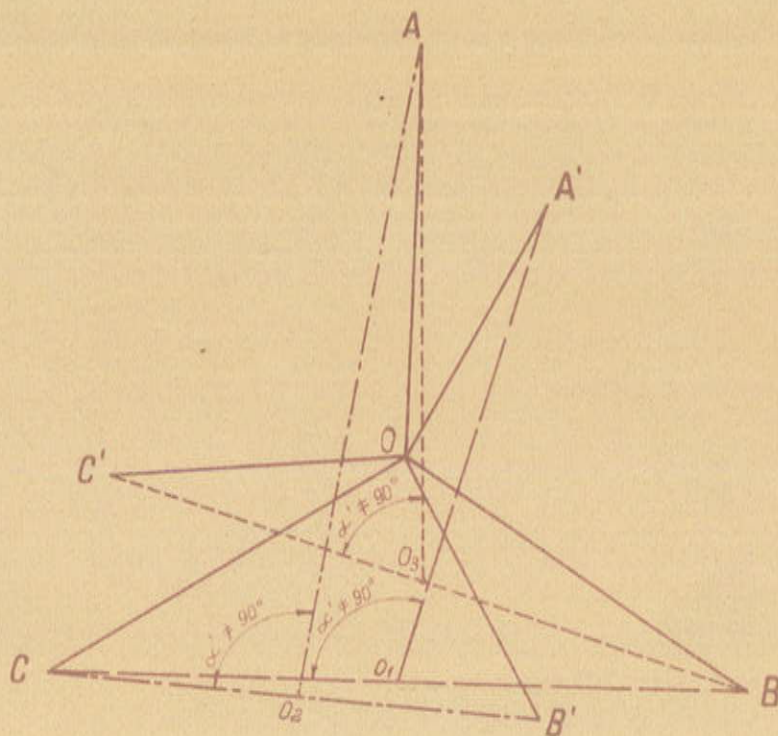


Fig. 5