

Instalația de automatizare pentru reglarea factorului de putere ($\cos \varphi$)

Transformatoarele, motoarele și mulți alți consumatori electrici preiau de la rețeaua de alimentare, pe lângă puterea utilă, activă, și putere reactivă.

Această putere reactivă suprasolicită nu numai rețeaua de alimentare, ci și generatoarele, cablurile, transformatoarele și stațiile de distribuție, și produc prin aceasta cheltuieli suplimentare.

Prin utilizarea instalațiilor de reglare cu condensatori poate fi totuși transmisă o putere activă sensibil mai mare. Echipamentele de transmisie pot fi "astfel degrevate de puterea reactivă, se reduc costurile cu consumul de energie și nu mai sunt necesare măsuri costisitoare de extindere a instalației.

Factorul de putere " $\cos \varphi$ " este raportul între puterea activă și puterea aparentă.

Pentru a îmbunătăți factorul de putere existent ($\cos \varphi_1$) al unui utilizator, la valoarea cerută de lege, impusă la o valoare minimă de „ $\cos \varphi_2$ ” $>0,92$, se utilizează următoarea formulă:

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

La proiectarea unei instalații de reglare cu condensatori, se poate pleca de la premiza că într-o rețea cu un număr predominant de "N" motoare asincrone, cu un „ $\cos \varphi$ mediu” $=0,7$ (mediu individual), este necesară o putere reactivă de compensare Q_c , pentru toate cele "N" motoare aflate în funcțiune.

Această putere de compensare se poate obține cu o putere reactivă furnizată de condensatori, la o valoare de cca 50% din puterea activă P , pentru a tinde către un „ $\cos \varphi_2$ ” $>0,92$. Cu toate acestea, o instalație de reglare a curentului reactiv se poate proiecta mai simplu și mai precis, dacă se reevaluează valorile de curent calculate anterior cu ajutorul datelor consumului de curent activ și reactiv și a puterii active, P măsurate efectiv în instalație.

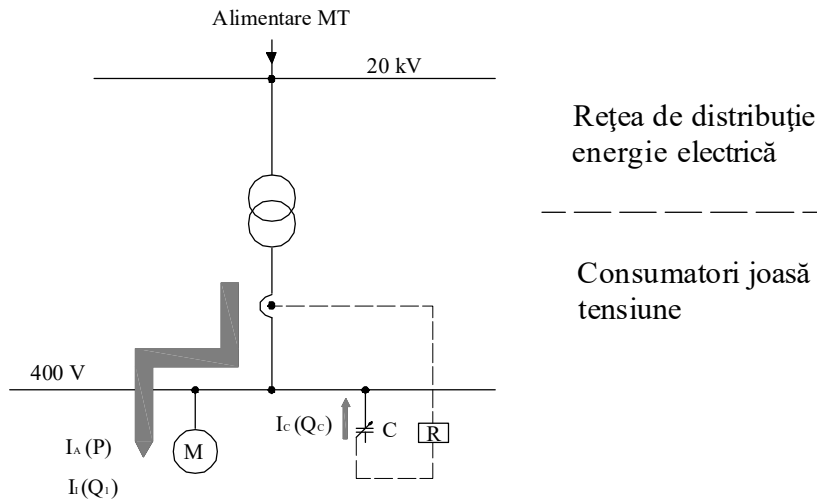


Fig.II.4.4.

În fig.II.4.4. este prezentată o instalație electrică a unui consumator alimentat pe J.T. (400 V), printr-un transformator, din rețeaua de distribuție de M.T. (20 kV) a distribuitorului zonal de energie electrică.

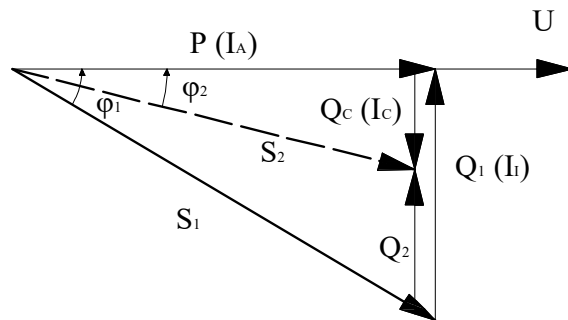


Fig.II.4.5.

S-au notat cu „M”, toate motoarele electrice racordate în instalație la consumator, cu „R” regulatorul automat de reglare energiei reactive capacitive Q_c , introduse în rețeaua electrică de o baterie de condensatori reglabili, cu „ I_A ” curentul activ (care determină consumul de putere activă P) și „ I_L ” curentul inductiv (care determină consumul de putere reactivă inductivă Q_1) consumați de motoarele electrice din rețeaua electrică.

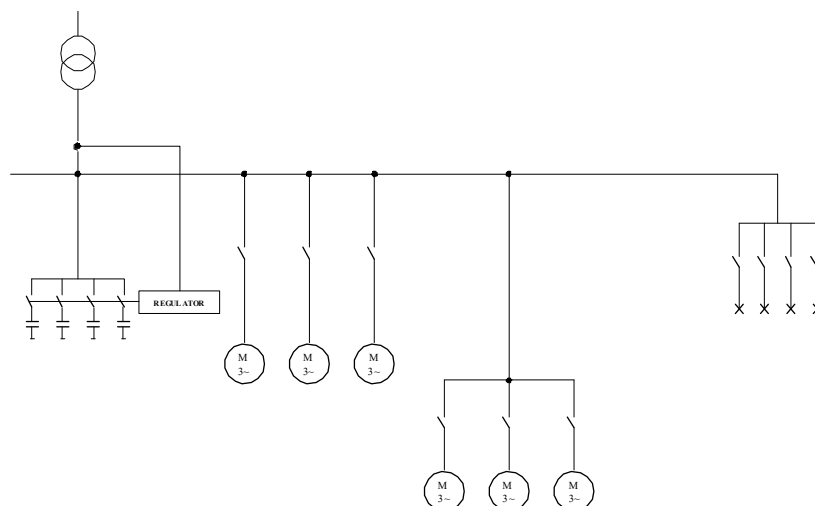


Fig. II.4.6.

Prin introducerea bateriei de condensatoare „C”, reglate de regulatorul de putere reactivă „R”, în rețea se va introduce o putere reactivă de compensare „QC” datorită curentului reactiv, „IC”, care va determina scăderea consumului de putere reactiv-inductiv, la valoarea „ $Q_2 < Q_1$ ”, respectiv reducerea unghiului de defazaj „ φ_1 ” la valoarea „ φ_2 ”, respectiv o creștere a valorii factorului de putere la „ $\cos \varphi_2 > 0,92 > \cos \varphi_1$ ”.

În fig. II.4.5. s-a notat cu P, puterea activă consumată datorită curentului activ IA; cu Q_1 , puterea reactiv-inductivă consumată datorită curentului inductiv II, respectiv cu S_1 , puterea aparentă absorbită de consumator din rețea.

Prin montarea bateriei de condensatoare C, în circuitul de JT al consumatorului, va apare un curent reactiv, compensator IC, care va genera o putere compensatoare reactiv-capacitivă QC, care va reduce valoarea puterii reactiv-inductive consumate. Efectul va fi și de reducere a puterii aparente consumate, la valoarea $S_2 < S_1$, respectiv se va obține și o reducere a energiei electrice consumate, în condițiile păstrării acelorași receptori la consumator.

Conform schemei din fig.II.4.6., consumatorii au un consum de puteri (P, Q) variabil – în funcție de desfășurarea procesului de producție (ex: un număr, permanent variabil, de motoare electrice aflate în funcțiune, utilizarea variabilă a iluminatului), motiv pentru care este necesară și o compensare variabilă, în funcție de consum, a factorului de putere. Altfel spus se impune o urmărire permanentă a valorii puterilor P și Q, în funcție de care trebuie calculată puterea de compensare QC, care trebuie introdusă în sistem. Această sarcină este îndeplinită de instalația de reglare automată a factorului de putere.

Programul de automatizare:

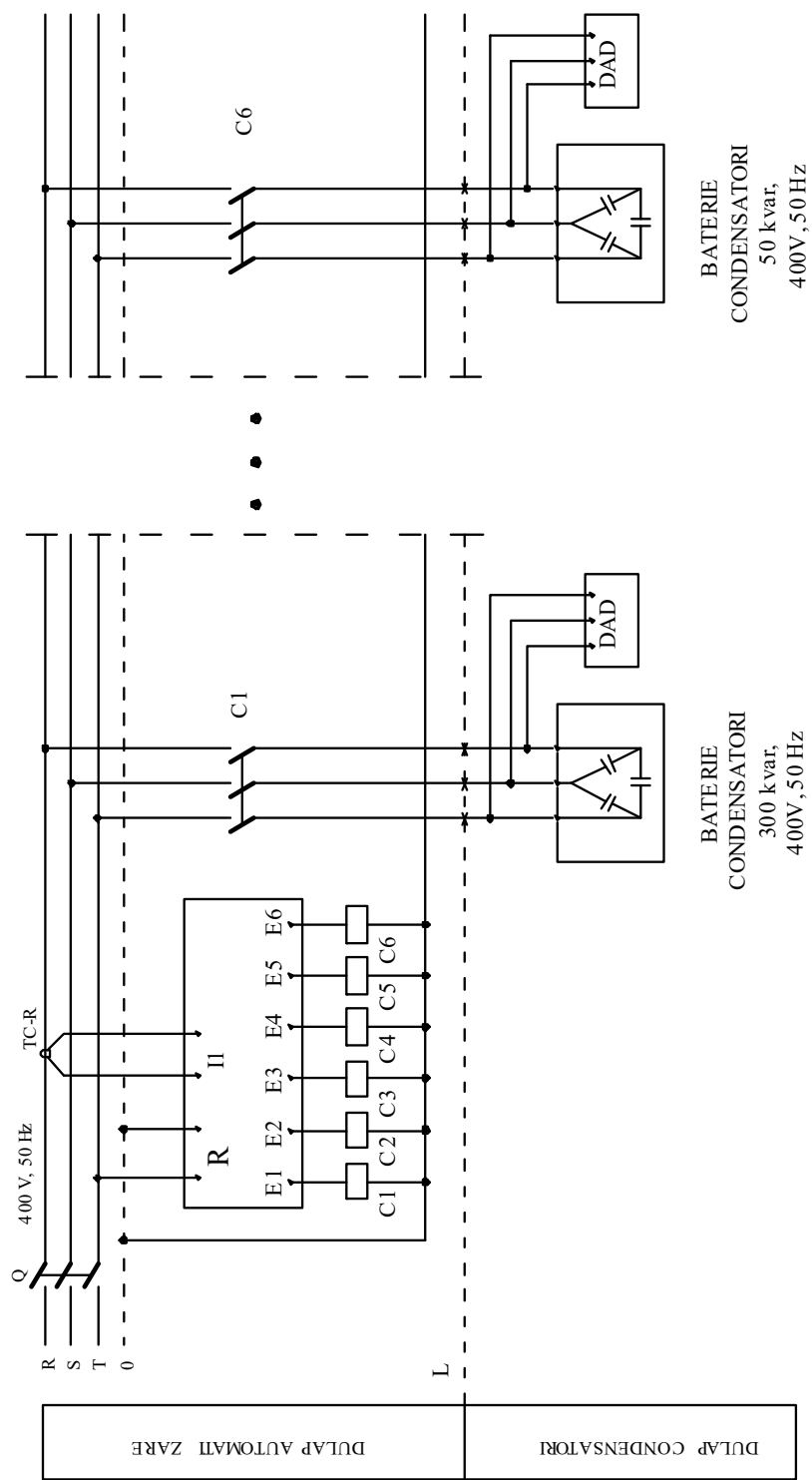


Fig.II.4.7.

- măsurarea permanentă a valorii puterilor consumate P , Q și a factorului de putere rezultat în instalația consumatorului;
- calcularea puterii de compensare QC necesare pentru ridicarea factorului de putere la valoarea impusă ($\cos\varphi > 0,92$), respectiv a valorii capacității C , necesare a fi cuplate în instalație, în acest scop, după algoritmul de calcul conținut în memoria regulatorului R ;
- stabilirea comenzilor de cuplare/decuplare a bateriilor de condensatoare necesare, în funcție valorile acestora, astfel încât să se obțină o valoare a factorului de putere, cât mai apropiată de valoarea impusă, dar $> 0,92$.

Schema de principiu a instalației de automatizare este cuprinsă în fig.II.4.7., unde:

R – regulator de putere reactivă, care are rolul să comande instalația de reglare cu condensatori astfel încât să se cupleze sau să se decupleze succesiv puterea reactivă QC , corespunzătoare necesarului variabil de curent reactiv IC . Datorită unui program de optimizare, instalația de reglare reacționează mai rapid la abateri mari între valoarea impusă și cea existentă și mai lent la abateri mici pentru a se evita apariția unor comutări oscilante. Regulatele au următoarele caracteristici principale:

- afișează continuu valoarea $\cos\varphi$;
- contorizează numărul de comutări pe fiecare treaptă;
- permite alegerea unui factor de putere între 0,85 inductiv -1, - 0,95 capacitiv, în trepte de 0,01.

Regulatorul își determină singur treptele de baterii de condensatori racordate. De asemenea are alarmă de deranjament, care acționează atunci când dispare tensiunea de alimentare sau apare sub-compensare ($\cos\varphi$ impus, programat nu se atinge deloc timp de o oră).

Programul regulatorului conține un algoritm de calcul a puterii reactive QC [kVar] în funcție de puterea activă consumată, P [kW], prin utilizarea valorilor prezentate în tabel:

$\cos \varphi$	Coeficientul K									
	0,80	0,86	0,82	0,84	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
0,20	4,15	4,26	4,20	4,26	4,36	4,42	4,48	4,54	4,61	4,90
0,25	3,12	3,23	3,18	3,23	3,33	3,39	3,45	3,51	3,58	3,88
0,30	2,42	2,53	2,48	2,53	2,65	2,70	2,76	2,82	2,89	3,18
0,35	1,93	2,03	1,98	2,03	2,14	2,19	2,25	2,31	2,38	2,68
0 40	1,54	1,65	1,60	1,65	1,76	1,81	1,87	1,93	2,00	2,29
0,50	0,98	1,09	1,04	1,09	1,20	1,25	1,31	1,37	1,44	1,73
0,52	0,89	1,00	0,95	1,00	1,11	1,16	1,22	1,28	1,35	1,64
0,54	0,81	0,92	0,86	0,92	1,02	1,08	1,14	1,20	1,27	1,56

cos φ	Coeficientul K									
	0,80	0,86	0,82	0,84	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
0,56	0,73	0,84	0,73	0,84	0,94	1,00	1,05	1,12	1,19	1,48
0,58	0,66	0,76	0,71	0,76	0,87	0,92	0,98	1,04	1,11	1,41
0,60	0,58	0,69	0,64	0,69	0,80	0,85	0,91	0,97	1,04	1,33
0,62	0,52	0,62	0,57	0,62	0,73	0,78	0,84	0,90	0,97	1,27
0,64	0,45	0,56	0,51	0,56	0,67	0,72	0,78	0,84	0,91	1,20
0,66	0,39	0,49	0,45	0,49	0,60	0,66	0,71	0,78	0,85	1,14
0,68	0,33	0,43	0,38	0,43	0,54	0,60	0,65	0,72	0,79	1,08
0,70	0,27	0,38	0,33	0,38	0,49	0,54	0,60	0,66	0,73	1,02
0,72	0,22	0,32	0,27	0,32	0,43	0,48	0,54	0,60	0,67	0,97
0,74	0,16	0,26	0,21	0,26	0,37	0,43	0,48	0,55	0,62	0,91
0,78	0,05	0,16	0,11	0,16	0,27	0,32	0,38	0,44	0,51	0,80
0,80		0,10	0,05	0,10	0,21	0,27	0,33	0,39	0,46	0,75
0,82		0,05		0,05	0,16	0,22	0,27	0,33	0,40	0,70
0,84					0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,65
0,86					0,06	0,11	0,17	0,23	0,30	0,59
0,88						0,06	0,11	0,17	0,25	0,54
0,90							0,06	0,12	0,19	0,48
0,92								0,06	0,13	0,43

Exemplu: $\cos\varphi$ inițial=0,6; $\cos\varphi$ dorit=0,94, rezultă $k=0,97$; pentru o putere activă măsurată $P=300$ kW, puterea reactivă necesară compensării, va fi $QC = P \times K = 300 \times 0,97 = 291$ kVAR.

După calcularea valorii necesare pentru QC se calculează valoarea capacității condensatorilor de putere necesari:

$$C = QC / 2\pi f \quad (f=50 \text{ Hz})$$

C - condensatori de putere care sunt unități trifazate, de obicei conectate în triunghi și se utilizează exclusiv pentru îmbunătățirea $\cos\varphi$ în rețelele de consumatori. Fiecare unitate condensator și/sau baterie trebuie să fie echipată cu un dispozitiv auxiliar pentru descărcare DAD. Gama de condensatori folosită este de la 2,5 kVar la 50 kVar, pentru tensiuni cuprinse între 400V - 660V.

C1...C6, contactoare specializate, cu amortizarea curentului de cuplare, folosite numai pentru instalațiile de reglare cu condensatori. Ele sunt echipate cu rezistente de amortizare, astfel încât să reducă vârfurile de curent la cuplare de la valori de $200 \times I_c$ la valori mai mici de $70 \times I_c$.

TC- R - transformator de curent, care măsoară consumul total de curent IA, al utilizatorului ce trebuie compensat. Dacă fazele sunt neechilibrat încărcate, atunci transformatorul trebuie montat pe faza cea mai încărcată.

Q – Întrerupător general, utilizat pentru punerea sub tensiune a întregii instalații;

F1, F2 – siguranțe de protecție la scurtcircuite;

F3...F8 - siguranțe exterioare pentru protecția unităților de baterii de condensatoare la scurtcircuit, iar valoarea acestora se alege între 1,43 și 1,8 ori curentul nominal.

Siguranțele trebuie să aibă caracteristica lentă din cauza valorilor mari de curent de conectare, pe timp scurt.