

EQUALIZER

Sistem de imbunatatire a calitatii energiei
in timp real prin.



- Corectia factorului de putere
- Compensare reactiva completa in 2/3 din durata unui ciclu (tipic 13.3 msec pt. 50Hz)
- Reducerea caderilor de tensiune
- Reducerea fenomenului de flicker
- Reducerea varfurilor de curent
- Filtrarea armonicelor (daca se folosesc circuite acor-date)

P
o
w
e
r

Q
u
a
l
i
t
y

S
o
l
u
t
i
o
n
s

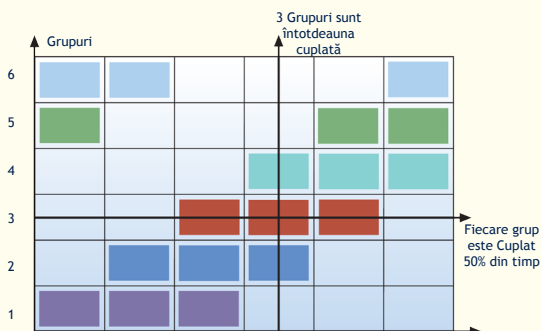


elspec-ltd.com

EQUALIZER Tehnologie

Comutarea Grupurilor de Condensatoare

EQUALIZER comuta grupurile de condensatoare sau de condensatoare + bobine folosind comutatoare electronice. Conectarea / deconectarea are loc la trecerea curentului prin zero. Acest fapt determina eliminarea fenomenelor tranzitorii asociate comutarii condensatoarelor prin mijloace electromecanice. Astfel se elimina posibilitatea defectarii sarcinilor sensibile alimentate din aceeasi retea (computere, echipamente electronice de masura, de actionare, etc.) si in acelasi timp se mareste considerabil durata de viata a condensatoarelor.



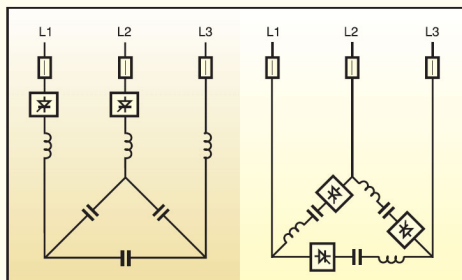
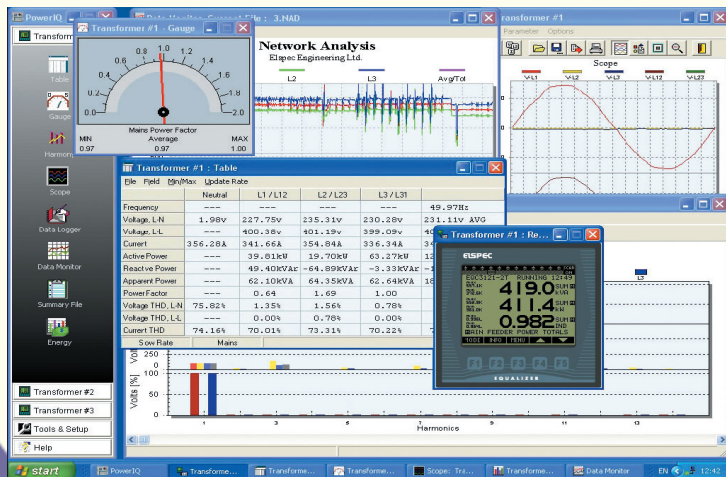
Intotdeauna Sunt In Functionare 3 Grupuri, Fiecare Grup 50% Din Timpul Total

Capacitate Constanta a Bateriei

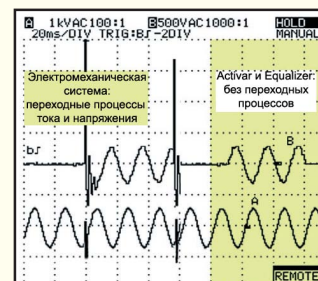
Bateriile de condensatoare conventionale au probleme din cauza scaderii in timp a valorii condensatoarelor, scadere care se datoreaza in principal regimului tranzitoriu de la cuplare/ decuplare. Problemele sunt mai mari in cazul bateriilor echipate cu reactante de filtrare, unde modificarile care apar in valoarea condensatoarelor duc la schimbarea valorii frecventei de rezonanta si la posibilitatea amplificarii curentilor armonici. EQUALIZER previne acest scenariu datorita comutatiei la trecerea prin zero a curentului, fara regim tranzitoriu.

Masuratori Electrice Rapide si de Precizie

Regulatorul electronic foloseste metoda FFT (Transformata Fourier Rapida) pentru analiza tuturor fazelor ciclu dupa ciclu. Informatiile legate de puteri, starea sistemului si evenimente sunt afisate pe display sau transmise via port de comunicatie catre PC, apoi sunt prelucrate cu ajutorul soft-ului optional PowerIQ.



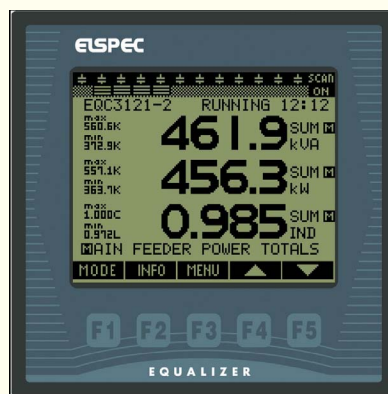
2 Și 3 Faza Structura Comutație



Cuplare Electromecanica / Electronica

Modul de Functionare SCAN

EQUALIZER are o caracteristica unica de functionare care prelungeste durata de viata a condensatoarelor, asigurand o durata de functionare egala a condensatoarelor aflate in grupuri egale ca putere. Comutatoarele electronice cu numar nelimitat de comutari conecteaza un grup de condensatoare simultan cu decuplarea altuia de aceeasi putere. Aceasta operatie apare la fiecare cateva secunde, angajand fiecare grup de condensatoare la randul sau, fara sa modifice valoarea totala a puterii compensate. In acest fel se asigura o temperatura mai mica de functionare si in consecinta o durata mai mare de viata pentru toate componentele compensarii.



Control Ideal al Factorului de Putere

Folosind algoritmi patentati de reglare si comutatie electronica ultrarapida, timpul total de achizitie a datelor, calcul si executie este de 2/3 din durata unui ciclu al tensiunii de retea (tipic, 13.3msec. pentru 50Hz), indiferent de numarul de trepte care trebuie comutate. Valoarea factorului de putere este controlata cu acuratete printr-un sistem de masura in bucla inchisa pentru toate cele 3 faze, sistem care tine cont si de prezenta armonice (1 pana la 63). Sunt disponibile pentru programare mai multe modalitati de control al factorului de putere (valoare maxima, minima, medie) ca si valori limita pentru incadrarea perfecta in cerintele retelei. De asemenea, pentru sarcinile asimetrice exista posibilitatea compensarii in mod diferit pe fiecare faza.

Modul Comutator Electronic



Compensarea corecta folosind EQUALIZER

Calitatea Energiei

Calitatea energiei este un termen folosit pentru a defini orice deviatie a tensiunii, curentului sau frecvenței de la valorile normale, deviatii care pot determina defectarea echipamentelor, intreruperea proceselor tehnologice sau ineficienta sistemului de alimentare electrica.

Cadere de Tensiune

Caderile de tensiune sunt provocate de sarcinile locale, fie in timpul pornirii unui motor sau datorita sarcinilor dinamice, cu variatii rapide. Aceste conditii sunt caracterizate de un factor de putere scazut si de o cerere mare de putere reactiva. EQUALIZER a fost special conceput pentru a actiona in aceste circumstante. Conectarea treptelor de condensatoare necesare se face intr-un interval de $\frac{1}{4}$ - 1 ciclu al tensiunii de retea, compensand energia reactiva totala necesara in timp real si minimizand caderile de tensiune.

Flicker

Fenomenul de flicker se datoreaza variatiilor rapide de sarcina, cum ar fi de exemplu in cazul masinilor de sudat in puncte. Sistemul de control al EQUALIZER asigura o reactie rapida, reducand flicker-ul la un nivel acceptabil.

Compensarea Corecta Folosind EQUALIZER

Graficul din stanga demonstreaza corecta compensare reactiva realizata cu EQUALIZER intr-o aplicatie in care curentul de sarcina dureaza 14 cicluri, adica 280 msec. Dupa numai un ciclu sarcina este complet compensata si curentul total (din retea) este substantial redus. Dupa disparitia curentului de sarcina, cu o intarziere de un ciclu, EQUALIZER decupleaza toate grupurile de compensare.

Efectele adverse ale unui sistem de compensare mai lent sunt prezentate in graficul din dreapta. Cuplarea unui singur grup dureaza 3 cicluri, astfel incat cuplarea celor 4 grupuri necesare compensarii complete dureaza 12 cicluri. Mai mult, intarzierea corespunzatoare a decuplarii da nastere unui curent residual astfel incat, pe ansamblu, curentul total este, in fapt, mai mare decat daca sarcina nu ar fi de loc compensata!

Armonici

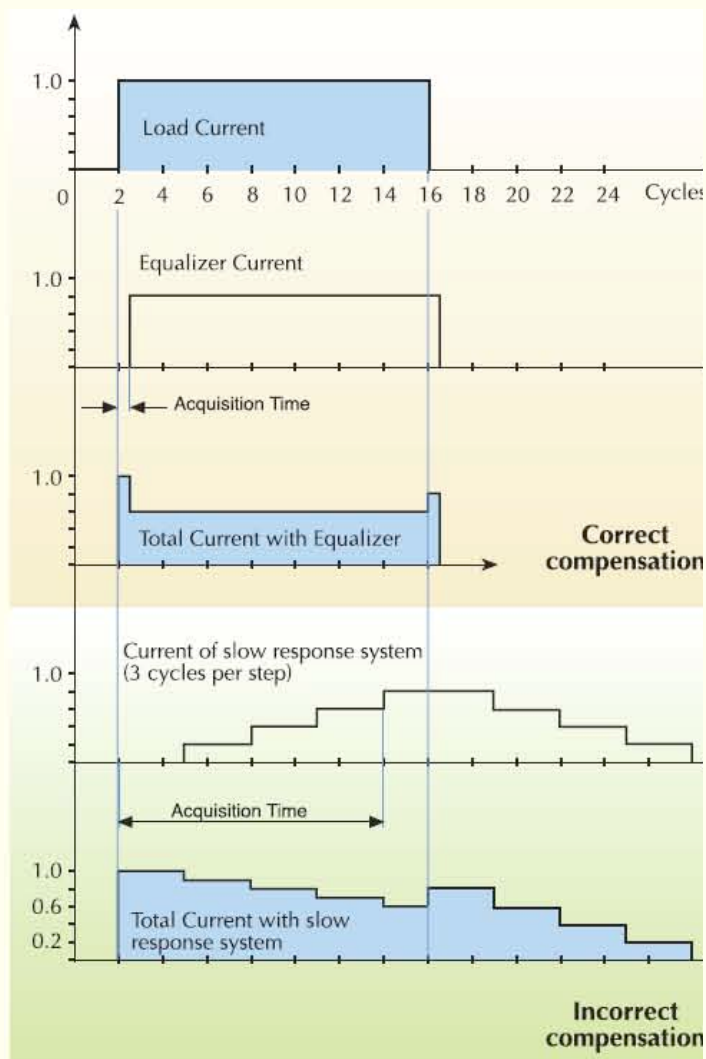
Nivelul mare al armonicelor de curent si tensiune poate determina pierderi de energie, supraincalziri, defecte de echipamente si functionare defectuoasa. EQUALIZER poate fi realizat sub forma unui filtru pasiv care sa absoarba cele mai daunatoare armonici din sistem.

Fenomene Tranzitorii

Fenomenele tranzitorii sub forma supratensiunilor sau supracurentilor pot cauza defecte ale echipamentelor si micșorarea capacității condensatoarelor. EQUALIZER folosește o tehnologie de comutație la trecerea prin zero a curentului care elimina fenomenele tranzitorii asociate cuplării electromecanice a condensatoarelor.

Factor de Putere

Factorul de putere scazut inseamna pierderi de energie, supraincalzire, cheltuieli de intretinere, tensiune electrica scazuta, etc. Furnizorul de energie electrica penalizeaza factorul de putere scazut printr-o factura de energie mai mare. EQUALIZER este cea mai buna solutie la problema unui factor de putere scazut.



Aplicatii

Masini de Sudat

Masinele de sudat in puncte constituie sarcini cu variatie extrem de rapida si consuma mari cantitati de energie reactiva. Datorita variatiilor mari de curent au loc caderi mari de tensiune. Aceste caderi de tensiune scad productivitatea si calitatea sudurii. In plus, adesea apare si fenomenul de flicker. De aceea EQUALIZER aduce urmatoarele beneficii:

- Imbunatatirea calitatii sudurii
- Cresterea productivitatii
- Reducerea fenomenului de flicker

Graficele din dreapta demonstreaza felul in care EQUALIZER previne caderile de tensiune si flicker-ul si compenseaza complet puterea reactiva.

Pornirea Motoarelor

Cand sunt conectate direct la retea, motoarele asincrone mari consuma curenti foarte mari in timpul pornirii (de 6-7 ori mai mari decat in functionare normala). Acest curent poate determina mari caderi de tensiune pe linie ceea ce conduce la probleme pentru alti consumatori, reduce cuplul de pornire si creste timpul de pornire. EQUALIZER compenseaza curentul reactiv in 2/3 dintr-un ciclu (tipic, max. 1 ciclu) oferind urmatoarele beneficii:

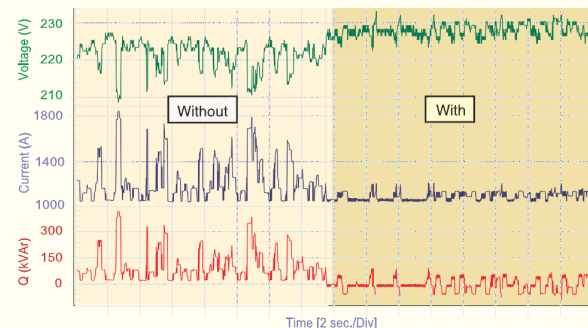
- Protectie impotriva caderilor de tensiune
- Capacitatea de a compensa centralizat toate sarcinile, evitand folosirea starterelor individuale pentru fiecare motor
- Conectare directa la retea cu obtinerea cuplului maxim de pornire, caracteristica unica a EQUALIZER

Masini de Injectie Plastic

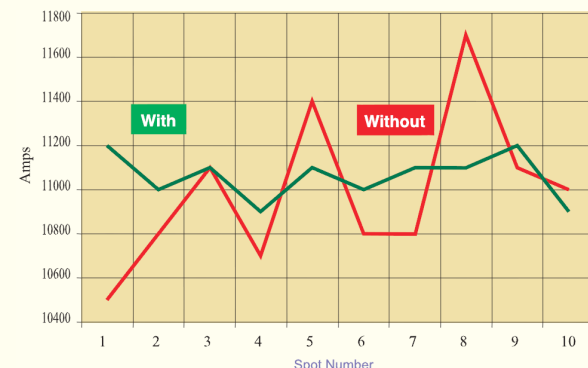
Datorita sarcinilor nesincronizate si cu o variatie mare, aceste aplicatii au cerinte de putere reactiva rapide si inconstante. O avarie a sursei de alimentare in timpul functionarii conduce la pierderi mari de echipamente si daune financiare.

Macarale

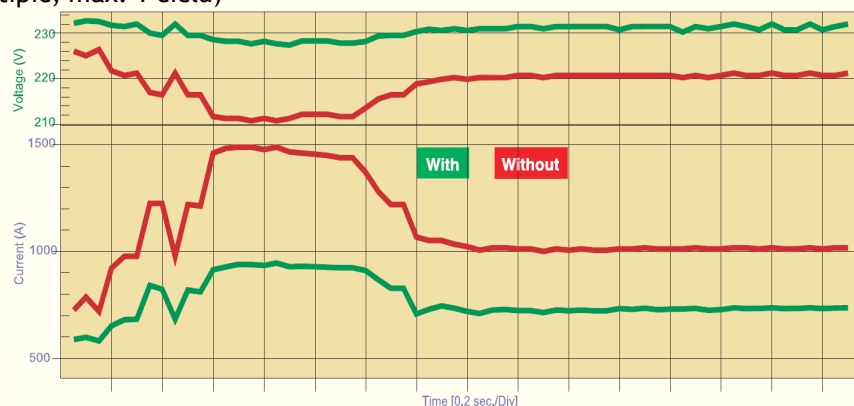
Ciclul complet de functionare al unei macarale portuare este de aprox. 1 minut. In acest timp macaraua are nevoie de cantitati diferite de energie reactiva, cu variatie rapida de-a lungul intregului ciclu.



Sudură Industria Auto



C.C. Curentul de la Vârful Sudat



Aplicatii (Continuati)

Filtrare de Armonici

Furnizorul de energie electrica furnizeaza o tensiune aproape perfect sinusoidală. Armonicele, create de sarcinile neliniare cum ar fi redresoare, convertitoare de frecventa, invertore, cuptoare cu arc, etc. schimba natura sinusoidală a tensiunii. Atunci cand energia reactivă este compensată cu condensatoare, exista intotdeauna o frecventa la care condensatoarele formeaza o rezonanta paralel cu impedanta rețelei de alimentare.

Daca aceasta frecventa este apropiată de una dintre frecventele produse de sarcinile neliniare, curentul armonic circula intre condensatoare si rețea, rezultand in tensiuni armonice ridicate pe rețea. In acest scenariu, curentul prin condensatoare poate depasi valoarea curentului nominal si poate determina supraincalzirea transformatorului de alimentare ca si distrugerea condensatoarelor. La cerere, EQUALIZER poate fi echipat cu reactante special calculate astfel incat impreuna cu condensatoarele sa formeze circuite acordate de filtrare a armonicelor periculoase.

EQUALIZER in Comparatie cu Filtrele Active

Filtrele active genereaza curenti de aceeasi amplitudine si frecventa dar in opozitie de faza fata de curentii armonici generati de sarcinile neliniare. Aceasta solutie este scumpa si in mod automat duce la cresterea pierderilor din sistem. In aplicatiile unde nu sunt decat una sau doua armonici dominante (de ex. de ordin 5 si 7) EQUALIZER este solutia optima.

In graficul din stanga sus se poate observa cum variaza frecventa de rezonanta paralel (rețea - baterie de condensatoare) in cazul unei baterii cu 6 trepte, intre 550 si 250Hz (armonicele 11 si 5). Daca sarcina deformanta produce curenti armonici cu frecventele caracteristice cuprinse in intervalul de mai sus, acestia vor fi amplificati si vor pune in pericol functionarea sarcinilor si integritatea bateriei de condensatoare.

In graficul din dreapta este prezentat cazul bateriei de condensatoare in trepte echipata cu bobine antiarmonice 7%: frecventa de rezonanta paralel este de 189Hz (sub cea mai mica armonica prezenta in sistem, considerand ca acea armonica este de ordinal 5) si nu variaza cu numarul de trepte.

Tractiune Electrica

Liniile lungi de distributie si sarcinile dinamice ale trenurilor, tramvaielor sau troleelor sunt compensate in mod corespunzator numai de un echipament capabil sa urmareasca aceasta variatie in timp real si sa fie capabil sa compenseze atat capacitiv cat si inductiv. EQUALIZER indeplineste aceste conditii:

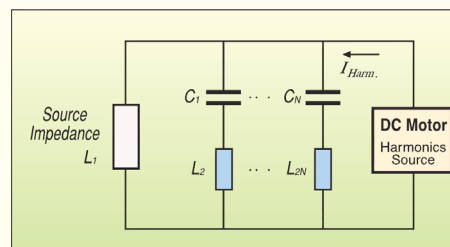
- Stabilizeaza tensiunea rețelei
- Compenseaza energia reactivă in timp real
- Previne penalitatile datorate unui factor de putere scazut
- Comuta atat condensatoare cat si reactante, astfel fiind posibila compensarea energiei reactive capacitive sau inductive

Spitale, Cladiri Comerciale, Sarcini Critice

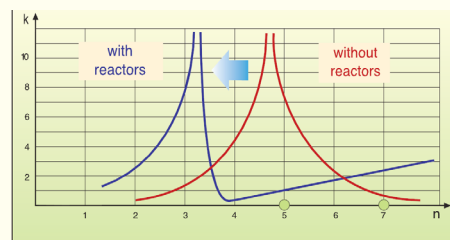
Cele mai multe cladiri comerciale (birouri, spitale, echipament de calcul) sunt caracterizate de o variatie larga a sarcinii cauzata de functionarea lifturilor, aerului conditionat, etc. Mai mult, functionarea sarcinilor sensibile cum ar fi echipamentele medicale, computerele, aparatele de masura poate fi perturbata de fenomenele tranzitorii care apar la conectarea/ deconectarea bateriilor de condensatoare echipate cu contactori electromecanici.

Turbine de Vant

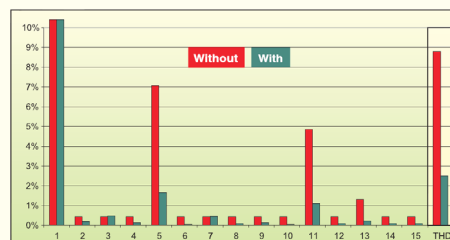
Generatoarele eoliene au o contributie din ce in ce mai mare la puterea generate in toata lumea. Ca rezultat, reglementarile pentru conectarea lor la rețea au devenit din ce in ce mai stricte si acum solicita tensiune stabilă, furnizare de energie reactivă si controlul tensiunii in caz de defect al rețelei. Varianta EQUALIZER-W este specific proiectata pentru piata de energie eoliana.



Poluate Armonică Rețea



Schimbarea Frecvenței Rezonanței Armonice Mai Jos de 5



Tensiunea Filtrare Exemplu Armonică

Generatoare

Utilizarea generatoarelor pentru functionare normală sau de urgentă a devenit din ce in ce mai frecventa in ultimii ani. Toate tipurile de generatoare pot beneficia de compensarea in timp real dar in special acolo unde sarcinile au un caracter dinamic, tinand seama de faptul ca generatoarele sincrone au o capacitate redușă pentru sarcini capacitive.

Alte Sarcini Industriale

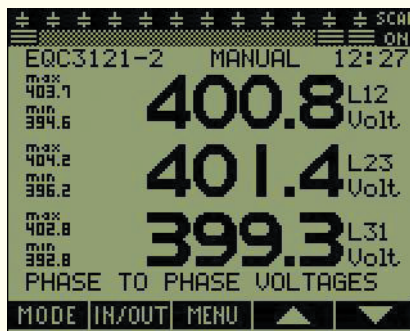
EQUALIZER este instalat cu succes in mii de aplicatii in toata lumea. De avantajele sale pot beneficia toti consumatorii, indiferent de aplicatie: economie de energie, imbunatatire a calitatii energiei, prevenirea caderilor de tensiune, filtrarea de armonici, etc.



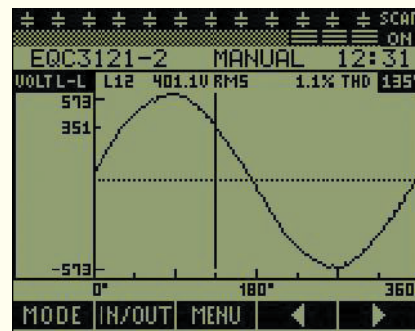
Regulatorul

Baza tehnologiei regulatorului electronic o constituie un processor de semnal DSP si un circuit VLSI. Regulatorul prezinta un display LCD mare, circuite digitale si analogice, algoritmi precisi de comanda si (optional) capabilitati de comunicare. Exista 9 canale de intrare: 4 de tensiune (3 faze+nul), 3 curenti de retea si 2 curenti interni. Informatia obtinuta in acest fel este prelucrata cu Transformata Fourier Rapida (FFT) aplicata fiecarui canal in fiecare ciclu. Algoritmii avansati de control care includ tehnologia pentru compensare rapida (patentata) fac toate calculele necesare intr-o singura milisecunda! Mai mult, armonicile sunt calculate pe toate fazele permitand o compensare eficienta chiar si in prezenta armonicilor.

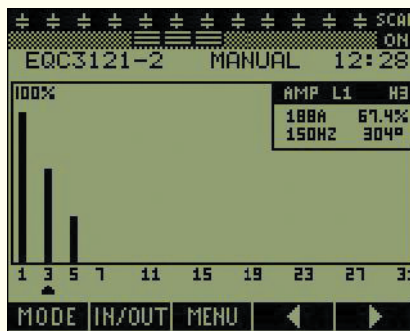
Regulatorul este disponibil cu o paleta variata de optiuni privind datele afisate, de la parametrii esentiali (V, A, Hz, kW, kVar) la completa monitorizare a sistemului incluzand niveluri minime/ maxime si masuratori in 4 cadrane ale puterii. De asemenea, pentru nivelul 3 de masura regulatorul poate afisa analiza armonica a retelei pe cele 3 faze (tensiune si curent) ca si formele de unda ale tensiunii si curentului in timp real (functie de osciloscop).



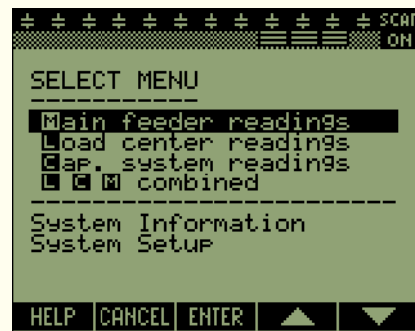
Afișaj Digital



Afișajul Formei de Undă



Armonici Afișajul Barei



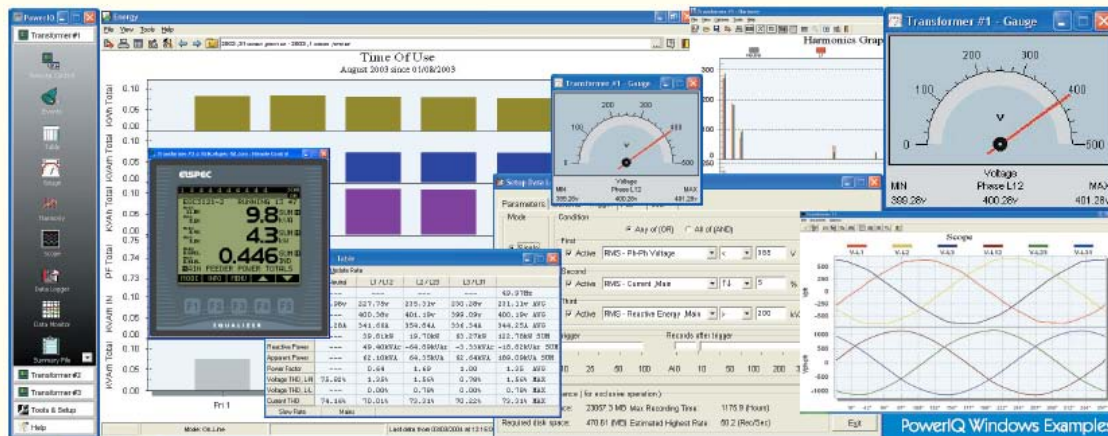
Text Afișaj

EQUALIZER de controlerul este disponibil cu mai multe opțiuni de configurare (consultați informațiile referitoare la comandă pe spatele paginii de catalog):

- U - Dezechilibru pentru sistemul trifazat rețele cu o singură fază condensatoare
- S - O singură fază sistemul pentru o singură fază rețele cu o singură fază condensatoare
- W - Comandă tensiune, în cazul în care controlerul se conectează sau se deconectează pașii în funcție de definite de utilizator limite de tensiune (6-nivel)
- V - Medie tensiune compensarea, cu ajutorul LV capacitors și pas în jos transformator
- M - Medie tensiune compensarea, cu ajutorul MV capacitors (consultați Tip T)
- G - Aplicații Generator, permite două factor de putere în funcție de obiectivele mod generator de funcționare
- P - Semnal de declanșare externă pentru compensare sincronizate, permițând instantanee compensarea (0ms)

PowerIQ - Software de Analiza si Masura

Acest software optional lucreaza in paralel cu regulatorul, afisand starea sistemului si rezultatele masuratorilor in mediul Windows si permite un control de la distanta al parametrilor programabili. Toti parametrii pot fi inregistrati (incluzand armonicile) in mod continuu sau pe intervale predeterminate. Timpul de inregistrare este limitat numai de marimea hard disk-ului calculatorului. Utilizatorul poate defini evenimente caracterizate de anumite valori limita cum ar fi valori limita ale tensiunii sau curentului si inregistrarea retine valoarea parametrilor inainte si dupa producerea acelor evenimente. PowerIQ ofera suport pentru Intranet sau Internet.



Structura Sistemului

Modulul Comutator Electronic

Modulul comutator consta din module tiristor in montaj antiparalel care furnizeaza o comutatie rapida si fara regimuri tranzitorii. Pentru fiecare grup de condensatoare se folosesc module tiristor/ tiristor monofazate, bifazate sau trifazate. Modulele sunt specificate pentru fiecare echipament in functie de numarul de grupuri de condensatoare, tensiunea si curentul de lucru ca si de numarul de faze.



Modulul Compensare

Modulul compensare include reactante pe miez de fier inseriate cu condensatoare. Fiecare reactanta este fabricata cu tolerante scazute, miez de fier cu cristale orientate pentru pierderi mici, bobinaj de cupru si clasa de izolatie H.

Tipurile de reactante includ reactante anti-rezonanta care previn posibilitatea aparitiei rezonantelor paralel, evitand deteriorarea condensatoarelor si scaderea calitatii tensiunii de retea si reactante de filtrare, proiectate pentru fiecare caz in parte cu scopul filtrarii armonicilor de curent dominante (usual 5 si 7).

Condensatoarele sunt de tip MKP cu pierderi scazute si durata de viata de peste 130.000 ore.

Design Cabinet

Fiecare sistem EQUALIZER IP/NEMA1 dulapul este realizat din tablă de oțel, care este acoperit cu praf epoxy gri (RAL 7032).

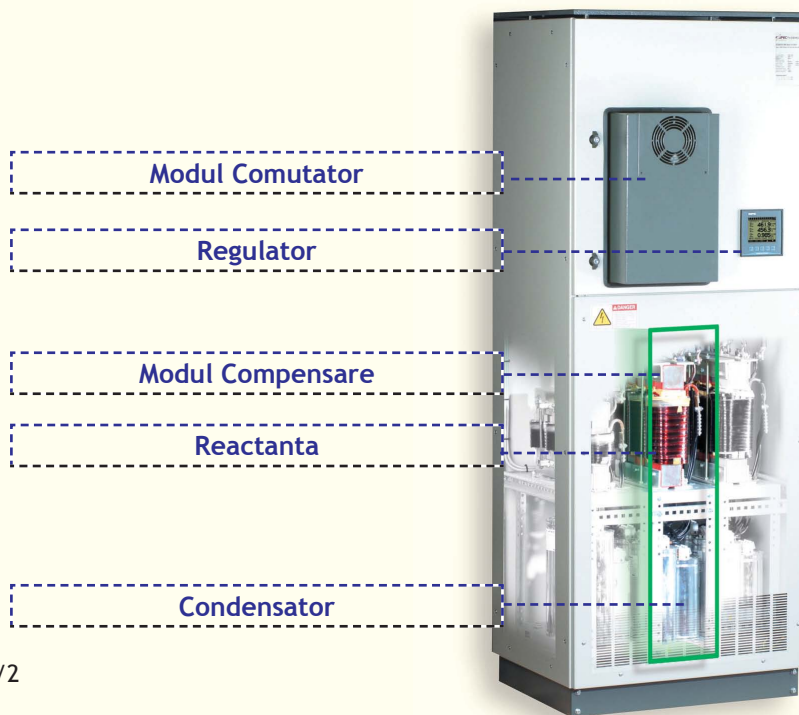
Opțiuni Carcasă

- Clasă de protecție upgrade-uri (IP/NEMA)
- Sus-montat grupul motoventilator și filtre
- Blocabil controlerul panoului
- Siguranță arsă indicator
- Broască ușă magnetică
- Șuruburile inelului de ridicare
- Pad-blocare intrare

Sistem cu 3 Module de Compensare

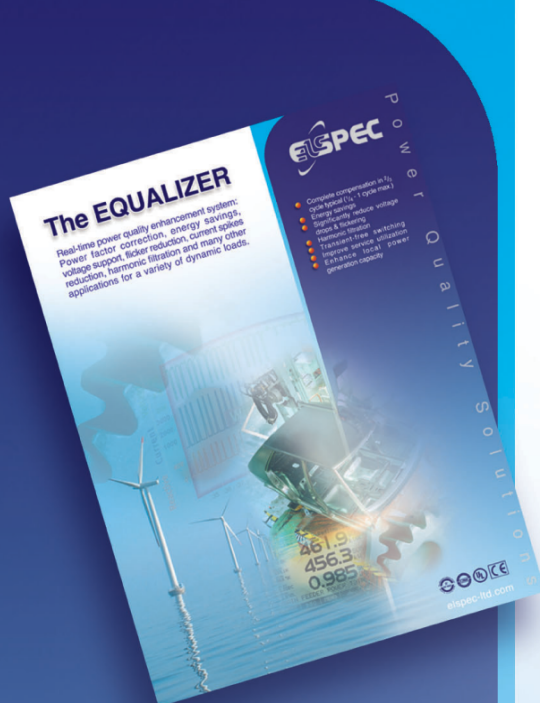
Disponibile

- Joasa Tensiune:
220 - 690V
50 Sau 60 Hz
- Medie Tensiune:
Pana la 69kV
50 Sau 60 Hz
- Limitele de Temperatură Ambientă:
+40°C: Max (<8 ore)
+35°C: Max 24 Hr Media
+20°C: Medie Anuala
-10°C: Minim
- Condensatoare:
Pierderi reduse, vindecarea auto, IEC 831-1/2
- Clasă de Protecție:
IP 20 / NEMA 1 (alte la cerere)
- Componentele Interne:
Ruginește alu-zinc
- Standarde EMC:
EN 50081-2
EN 50082-2
EN 55011,
EN 61000-4-2/3/4/5
ENV 50204
ENV 50141



- Standarde de Siguranță:
EN 61010-1
EN 60439-1
UL 508 (la cerere)





Specificațiile pot fi modificate fără notificare. Elspec este o marcă comercială înregistrată. Toate mărcile comerciale sunt proprietatea deținătorilor respectivi.

Copyright © Elspec Engineering Ltd. 2012
Toate drepturile rezervate.

**International
ELSPEC Ltd.**

E-Mail: info@elspec-ltd.com

**America de Nord
ELSPEC NA Inc.**

E-Mail: info@elspec-na.com

**India
ELSPEC Engineering India Pvt Ltd.**

E-Mail: info@elspec.in

**Europa
ELSPEC Portugal Lda.**

E-Mail: info@elspecportugal.com

**Romania
ELNESS Srl.**

E-Mail: office@elness.ro

Complete System Ordering Information

System Type	Total Power	Step Size	No. of Groups	Nominal Voltage	Nominal Frequency	Reactors Percentage	Network Typology	Group Protection	Cable Connection	Cable Entry
EQ	1440	120	12	400	50	P7	W	F	C	A

System Type	EQ	Equalizer Complete System
Total Power		Total power in kVAr
Step Size		Step size in kVAr (Switching Resolution)
No. of Groups		Number of Groups (Physical, max. 12)
Nominal Voltage		Nominal Phase-to-Phase Voltage in Volts
Nominal Frequency		Nominal Frequency in Hz (50 or 60 Hz)
Reactors Percentage	P0	Inrush Limiting Reactors Only
	P#	Percents of Capacity. Example: P7 = 7%.
Network Typology	D	Delta 3 wires
	W	Wye 4 wires
	V	Wye 3 wires
	S	Single phase
Group Protection	F	Groups protected by Fuses
	M	Groups protected by MCCBs
Cable Connection	C	Single Point with Integral Circuit Breaker
	S	Single Connection Point
	M	Multiple Connection Points
Cable Entry	T	Top Cable Entry
	B	Bottom Cable Entry
	A	Top and Bottom Cable Entry
	L	Left-side Cable Entry
	R	Right-side Cable Entry

Example:

EQ 300:60:3-400.50-P7-WFSA

300kVAr real-time complete Equalizer system with 5 steps of 60 kVAr with 7% inductors, for 400V/50Hz 4-wires Wye network.

Dimensions (W*D*H): 800*600*2100, Short Circuit 35kA, IP 20

Controller Ordering Information

Controller Type	Measurement Level	No. of Groups	Comm. Card	Power Supply	Special Type
EQC	3	12	2	2	WT

Controller Type	EQC	Equalizer Controller
Measurement Level	2	
	3	
No. of Groups		Number of Groups (Physical, two digits, max. 12)
	0	No Communication
Communication Card	1	RS 485 ELCOM Protocol
	2	RS 485 ELCOM and MODBUS/RTU Protocols
Power Supply	1	115V
	2	230V
Special Type		See Controller section on previous pages Up to two types can be combined

Measured Parameters

Parameter	Phases	Loads	Measurement Level	
			2	3
Frequency	Common	Mains	●	●
Phase Current	L1, L2, L3	Mains, Load, Cap.	●	●
Neutral Current	Neutral	Mains	●	●
Phase to Phase Current*	L1-2, L2-3, L3-1	Mains, Load	●	●
Phase Voltage	L1, L2, L3	Mains	●	●
Neutral Voltage	Neutral	Mains	●	●
Phase to Phase Voltage	L1-2, L2-3, L3-1	Mains	●	●
Active Power (kW)	L1, L2, L3, Total	Mains	●	●
Reactive Power (kVAr)	L1, L2, L3, Total	Mains, Load, Cap.	●	●
Apparent Power (kVA)	L1, L2, L3, Total	Mains, Load, Cap.	●	●
Power Factor	L1, L2, L3, Total	Mains, Load, Cap.	●	●
Time of use (TOU) - in, out, net, total:				
Active Energy (kWh)	Total	Mains	●	●
Reactive Energy (kVArh)	Total	Mains	●	●
THD at Phase Current	L1, L2, L3	Mains, Load, Cap.	●	●
THD at Neutral Current	Neutral	Mains	●	●
THD at Phase to Phase Current	L1-2, L2-3, L3-1	Mains, Load	●	●
THD at Phase Voltage	L1, L2, L3	Mains	●	●
THD at Neutral Voltage	Neutral	Mains	●	●
THD at Phase to Phase Voltage	L1-2, L2-3, L3-1	Mains	●	●
Harmonics of Phase Current	L1, L2, L3	Mains, Load, Cap.	●	●
Harmonics of Neutral Current	Neutral	Mains	●	●
Harmonics of Phase to Phase Current	L1-2, L2-3, L3-1	Mains, Load	●	●
Harmonics of Phase Voltage	L1, L2, L3	Mains	●	●
Harmonics of Neutral Voltage	Neutral	Mains	●	●
Harmonics of Phase to Phase Voltage	L1-2, L2-3, L3-1	Mains	●	●
Waveforms of Phase Current	L1, L2, L3	Mains, Load, Cap.	●	●
Waveforms of Neutral Current	Neutral	Mains	●	●
Waveforms of Phase to Phase Current	L1-2, L2-3, L3-1	Mains	●	●
Waveforms of Phase Voltage	L1, L2, L3	Mains	●	●
Waveforms of Neutral Voltage	Neutral	Mains	●	●
Waveforms of Phase to Phase Voltage	L1-2, L2-3, L3-1	Mains	●	●
System Log			●	●
Event Log			●	●

* Unique feature: metering internal current of feeder transformer (delta secondary)