

Il Rifasamento come contributo all'Efficienza Energetica

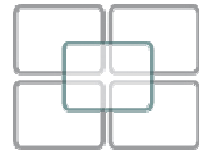
in cooperazione con:



COLLEGIO DEI PERITI INDUSTRIALI
E DEI PERITI INDUSTRIALI LAUREATI
DELLA PROVINCIA DI COMO

Seminario Tecnico
17/05/2018
Istituto Don Guanella
Sala Arcobaleno
Via Tommaso Grossi 18, 22060 Como





TELEGROUP

energy and more...

Company Profile

your reliable Partner for PFC Systems
and Harmonic Filtering





Chi Siamo

TELEGROUP nasce a metà degli anni '80 da un'idea di Fabiano Bagnoli, tutt'oggi A.D. e Direttore Tecnico dell'Azienda ed al tempo già fondatore di una nota realtà nell'installazione elettrica in Toscana, esattamente a Sambuca, un piccolo paese immerso nelle colline del Chianti, territorio da sempre sinonimo di storia, cultura ed arte a livello mondiale.

Fin da subito, TELEGROUP incentrò la propria attività nello sviluppo, nella produzione e commercializzazione di Sistemi per il Rifasamento Industriale in b.t., che ancora oggi rappresentano il core-business dell'Azienda.

In pochi anni, grazie alla strategia commerciale totalmente incentrata su un prodotto di altissima qualità, TELEGROUP si è stabilita sul mercato nazionale come Azienda sinonimo di grande affidabilità.

La volontà e la perseveranza da parte dell'Azienda nel voler sempre insistere nella via della qualità, nel corso degli anni è stata premiata con numerose forniture presso Clienti Finali italiani ed internazionali, leader nei loro settori, che hanno scelto e si sono affidati a TELEGROUP per lo sviluppo e la realizzazione di Sistemi per il Rifasamento Industriale dei loro stabilimenti.

Oggi TELEGROUP, dopo trent'anni di attività, si propone come un'Azienda dinamica ed innovativa sul panorama elettrico Italiano ed Internazionale, con una Rete di Distribuzione in grado di coprire oltre 25 Paesi nel Mondo.



I nostri Valori

Servizio, Esperienza, Qualità ed Innovazione...questi sono sicuramente i quattro valori su cui la nostra Azienda incentra la propria attività.

Un Servizio sempre dedicato, personalizzato ed efficiente sia nella fase di post-vendita, che soprattutto nella fase di prevendita, attraverso una guida alla scelta presso i Clienti, al fine di offrire sempre e solo la miglior soluzione.

L'Esperienza trentennale nel settore del Rifasamento Industriale, consente alla nostra Azienda di poter essere in grado di intervenire in modo altamente qualificato presso qualsiasi tipologia di applicazione.

La Qualità del prodotto, riconosciuta a livello nazionale ed internazionale, è senza alcun dubbio il valore su cui si sviluppa la politica e la strategia tecnico-commerciale di **TELEGROUP**.

L'innovazione, intesa sia come sviluppo ed implementazione del range di prodotti, sia come attività di marketing, fanno di **TELEGROUP** una realtà all'avanguardia e sempre vigile sulle opportunità di sviluppo commerciale.



4 values

for ensuring the best
ever and everywhere...



Qualità

TELEGROUP è un'Azienda Certificata secondo le Normative ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BSOHSAS 18001:2007, SA 8000:2008, rilasciate nel quinquennio 2012-2017 da DNV, ovvero l'ente Certificatore più accreditato a livello mondiale.

Tutti i processi Aziendali, dalla fase di progettazione ed approvvigionamento, alla produzione ed il collaudo, fino alla fase di vendita ed assistenza, sono stati Certificati secondo le normative vigenti e quindi rappresentano un'ulteriore testimonianza della qualità di processo dell'Azienda.

Nell'anno 2012, TELEGROUP ha inoltre acquisito la Certificazione GOST, con rinnovo triennale, necessaria per la vendita della proprie apparecchiature nel Mercato Russo ed più di un'occasione, ha conseguito anche il rilascio della Certificazione UL per i propri Sistemi di Rifasamento Automatico in BT, a seguito di forniture destinate al Mercato Americano.

Tutti i prodotti, sono progettati e realizzati in Conformità alle Normative vigenti, EN 61439, EN 61439-1, EN 60146-1-3, oltre ad essere identificati con marcatura CE come da Norma EN 50081-2, EN 50082-2.

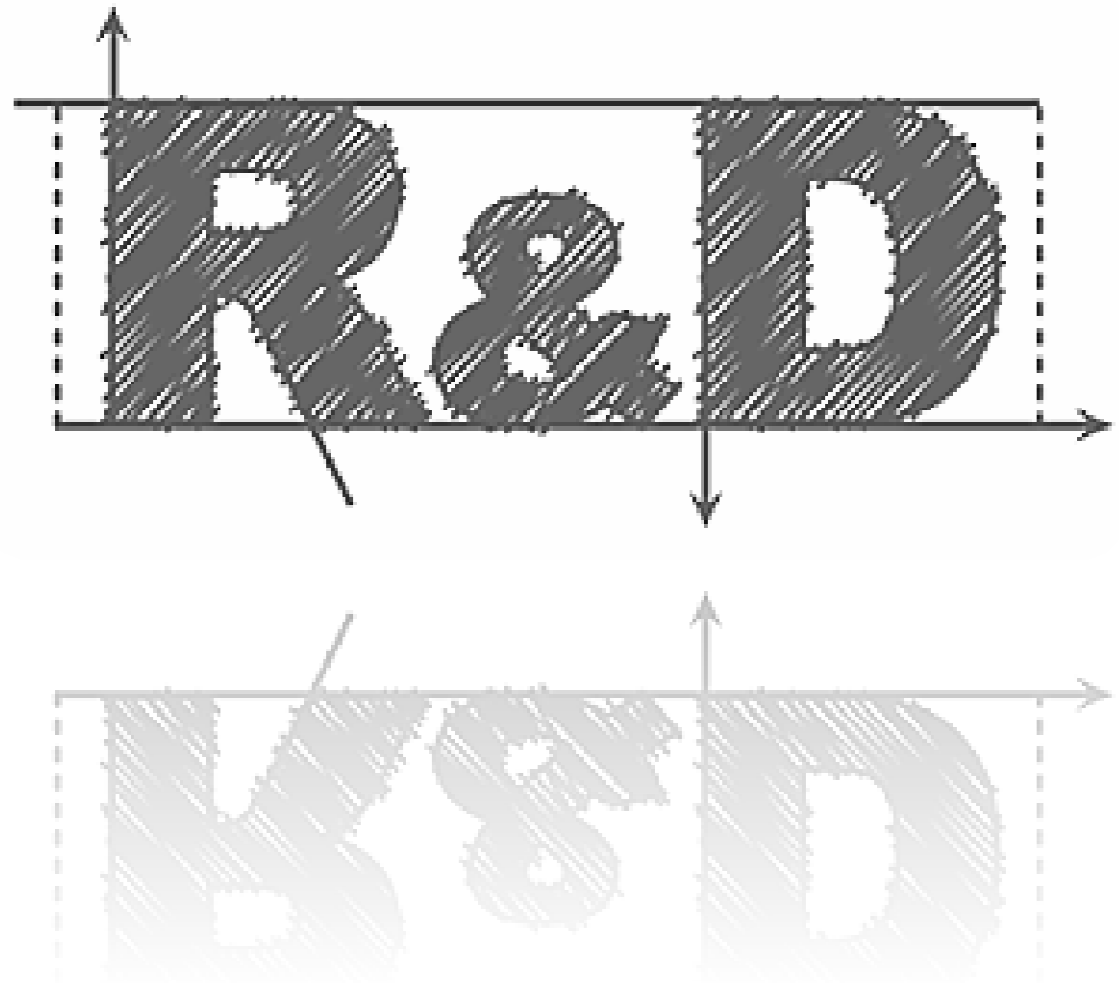
Know-how

Con la costante evoluzione del mercato, TELEGROUP mira costantemente all'implementazione dei propri prodotti ed allo studio di nuove soluzioni.

Nel corso degli anni, il nostro sistema costruttivo è notevolmente cambiato, adeguandosi alle richieste degli standard internazionali e tralasciando le vecchie tecnologie di realizzazione, rispettando però sempre e comunque i parametri elettrotecnici tradizionali.

Oggi siamo un'Azienda in grado di poter proporre soluzioni standard, ma soprattutto abbiamo la competenza e la flessibilità per poterci mettere al servizio del Cliente e realizzare un prodotto custom, totalmente personalizzato in base alle caratteristiche.

Siamo convinti che un'accurata fase di dimensionamento e scelta, alla quale dedichiamo gran parte della nostra attività, sia l'unica strada percorribile al fine di non incorrere in rotture premature dei vari sistemi.





Core-business

Rifasamento Industriale in bassa tensione

Oltre trent'anni di esperienza, migliaia di kVAR installati in Italia e nei principali mercati internazionali, al servizio di Utenti Finali leader nei loro settori, TELEGROUP rappresenta l'eccellenza italiana nella realizzazione di Sistemi per il Rifasamento Industriale in bassa tensione.

Una gamma di prodotti suddivisa in varie tipologie ed in grado di soddisfare qualsiasi applicazione da 230 V fino ad 800 V 50 e 60 Hz.

Con l'utilizzo di Condensatori con tecnologia Trifase, made in Germany, con isolamento in Gas di Azoto (N₂) o Resina, TELEGROUP è in grado di offrire un prodotto altamente efficiente e più affidabile rispetto alle tecnologie di Condensatori Monofase, ed allo stesso tempo compatto grazie alle dimensioni ridotte degli stessi condensatori.

Le nostre Soluzioni

Rifasamento Industriale in bassa tensione

Quadri Automatici e Fissi per il Rifasamento Industriale in bassa tensione, equipaggiati in configurazione «standard» o dotati di Reattanze di Filtro (134 Hz, 189 Hz, 210 Hz).

Inserzione attraverso Contattori Tripolari o Moduli Tiristori per carichi extra rapidi, comandati da Regolatori Automatici a Microprocessore di ultima generazione.

Le varie Serie sono suddivise in base alla tipologia di Condensatore utilizzato:

La sigla **«R»** indica l'utilizzo di Condensatori Trifase con isolamento in Resina, disponibili in versione standard da 400 a 525 V, mentre la sigla **«G»** indica l'utilizzo di Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto (N₂), disponibili in versione standard da 400 a 525 V A in base alle varie tipologie.

A seguito dei risultati eccellenti ottenuti con l'utilizzo dei Condensatori in Gas di Azoto, dal 2014, l'Azienda ha deciso di offrire un garanzia standard di 24 Mesi, a testimonianza dell'altissima affidabilità del proprio prodotto.



Presenza Internazionale

La nostra qualità nei mercati

Grazie ad una capillare Rete di Distribuzione, che comprende 16 Agenzie in Italia ed oltre 25 Partner all'estero, TELEGROUP annovera l'installazione dei propri prodotti in oltre 40 Paesi nel mondo.



Mercati serviti direttamente ●

Albania, Austria, Australia, Angola, Arabia Saudita, Bulgaria, Cile, Croazia, Estonia, Francia, Inghilterra, Irlanda, Irlanda del Nord, Germania, Ghana, Giordania, Grecia, Libano, Malta, Marocco, Mauritania, Messico, Nigeria, Polonia, Portogallo, Romania, Serbia, Spagna, Svizzera, Svezia, Turchia, Tunisia.

Mercati serviti indirettamente ●

Algeria, Argentina, Egitto, Etiopia, Indonesia, Iran, Iraq, Kenya, Perù, Russia, Singapore, USA

Referenze

Industria Pesante, Settore Terziario, Telecomunicazioni, Energie Rinnovabili

Nel corso dei suoi trent'anni di storia, sia in Italia che nel Mondo, TELEGROUP ha avuto ed ha tutt'ora l'opportunità di servire Clienti Finali di diverse applicazioni, che hanno beneficiato in termini di risparmio di costi ed energia, a seguito dell'installazione dei nostri prodotti.





Adeguamento del Cosphi degli
impianti MT e BT da 0,90 a 0,95

Delibera

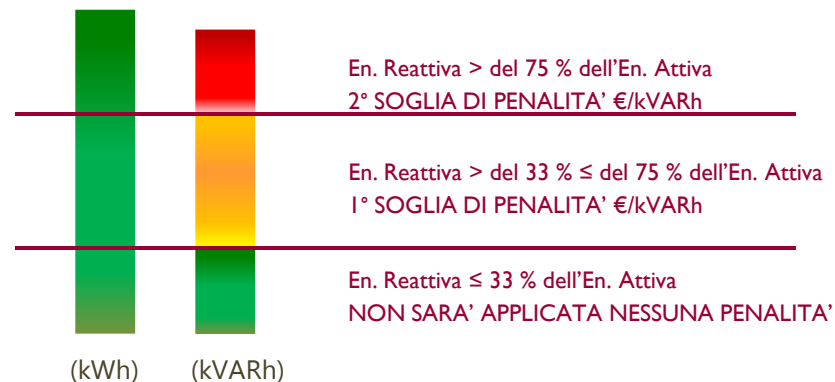
882/2017/R/EEL

Con la Delibera 882/2017, l'Autorità di Regolazione per Energia e Reti e Ambiente (ARERA), ha diramato le nuove Penali per l'Eccessivo Consumo di Energia Reattiva, che entreranno in vigore dal 1 Gennaio 2018

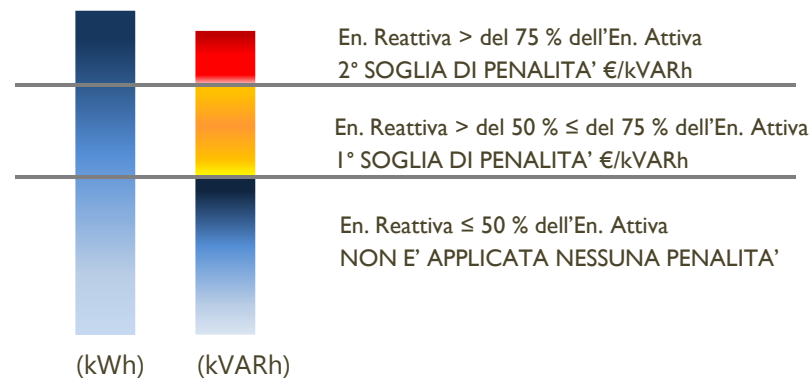
Le Penali per l'Eccessivo consumo di Energia Reattiva, saranno applicate presso gli Utilizzatori Finali, i cui impianti abbiano:

- Utenti BT con Potenza Attiva Disponibile > di 16,5 kW
- Utenti MT
- Valore medio mensile del Cosphi (in F1 ed F2), inferiore a 0,95

Il metodo di calcolo per l'addebito delle Penali, dal 1 Gennaio 2016 (Delibera 180/2013) ed attualmente in vigore



Il vecchio metodo di calcolo per l'addebito delle Penali, in vigore fino al 31 Dicembre 2015 (Delibera 348/2007)



Delibera 882/2017

ATTENZIONE !!!

Nonostante i corrispettivi per prelievi di energia reattiva siano diminuiti significativamente rispetto ai precedenti, è doveroso ricordare che però **sono stati rafforzati i poteri dei Gestori di Rete**, i quali dovranno assicurarsi che gli utenti finali non incombano nei 3 limiti normativi sotto elencati:

- **Un Cosphi istantaneo nel momento di massimo carico inferiore a 0.90**
(inteso come valore medio nel quarto d'ora di massimo carico in F1 ed F2)
- **Un Cosphi medio mensile inferiore a 0.70**
- **Immettere Energia Reattiva in Rete**

Qualora i suddetti limiti non fossero rispettati dagli utenti, i **Gestori di Rete potranno richiedere l'adeguamento dell'impianto** o, nel peggiore dei casi, **provvedere al distacco dell'utente dalla Rete**

Corrispettivi per prelievi di Energia Reattiva | Utenti MT e BT

La Delibera **ARERA 882/17/R/EEL** del 21 dicembre 2017 ha diramato le tariffe valide per il 2018, relative all'eccessivo consumo di Energia Reattiva per gli Utenti Finali connessi in **Media Tensione e Bassa Tensione**

Delibera ARERA 882/2017		En. Reattiva >33%<75 % dell'En. Attiva (cent. di €/kVarh)	En. Reattiva >75 % dell'En. Attiva (cent. di €/kVarh)
Utenti connessi in MT (>1 e ≤35 kV)	F1	0,247	0,318
	F2	0,247	0,318
	F3	Non applicata	Non applicata
Utenti connessi in BT (≤ 1 kV)	F1	0,726	0,935
	F2	0,726	0,935
	F3	Non applicata	Non applicata

I corrispettivi per i prelievi di Energia Reattiva, sono fissati di anno in anno dall'ARERA, in funzione del costo di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.

Corrispettivi per prelievi di Energia Reattiva | Utenti AT e AAT

A differenza degli utenti connessi in MT e BT, l'ARERA ha posticipato al 31 Dicembre 2018 l'eventuale adeguamento del fattore di potenza, ed eventuale aggiornamento delle tariffe, per gli utenti connessi in Alta ed Altissima Tensione.

Pertanto, rimangono invariati sia i precedenti corrispettivi per prelievi di energia reattiva, **sia la soglia del fattore di potenza medio mensile > 0,90**

Utenti AT e AAT		En. Reattiva >50% e ≤75 % dell'En. Attiva (cent. di €/kVarh)	En. Reattiva >75 % dell'En. Attiva (cent. di €/kVarh)
Utenti connessi in AT (>35 e ≤150 kV) e AAT (>150 kV)	F1	0,86	1,10
	F2	0,86	1,10
	F3	Non applicata	Non applicata

Corrispettivi per prelievi di Energia Reattiva ARERA ma....

L'Autorità ha quindi aggiornato i corrispettivi per i prelievi e le immissioni di energia reattiva per i clienti finali connessi in bassa e media tensione, lasciando invariati quelli per le reti in alta e altissima tensione. Come li ha aggiornati? Un aumento del 4% circa.

Nel documento per la consultazione 420/2016/R/EEL "Regolazione tariffaria dell'energia reattiva per le reti in alta e altissima tensione e per le reti di distribuzione" viene sottolineato un concetto fondamentale. Al punto 1.2 del predetto documento è riportato quanto segue:

“Nel caso delle reti di distribuzione in media e bassa tensione gli effetti del transito di eccessiva energia reattiva devono, in generale, essere evitati in quanto determinano:

- 1) una riduzione della capacità di trasporto dell'energia attiva;**
- 2) un aumento delle perdite di energia attiva e delle cadute di tensione.**

Vediamo perché

Triangolo delle potenze

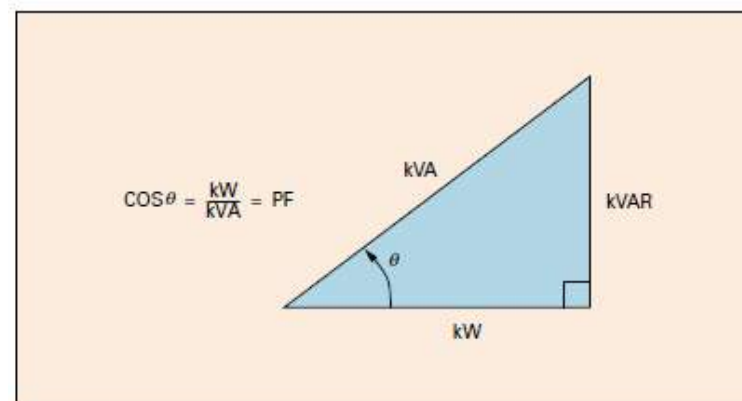
La gran parte dei carichi che sono utilizzati in ambito industriale hanno un comportamento ohmico-induttivo, cioè richiedono due tipi di potenze:

Potenza Attiva (kW): serve a sviluppare il lavoro reale (riscaldamento, illuminazione, motori);

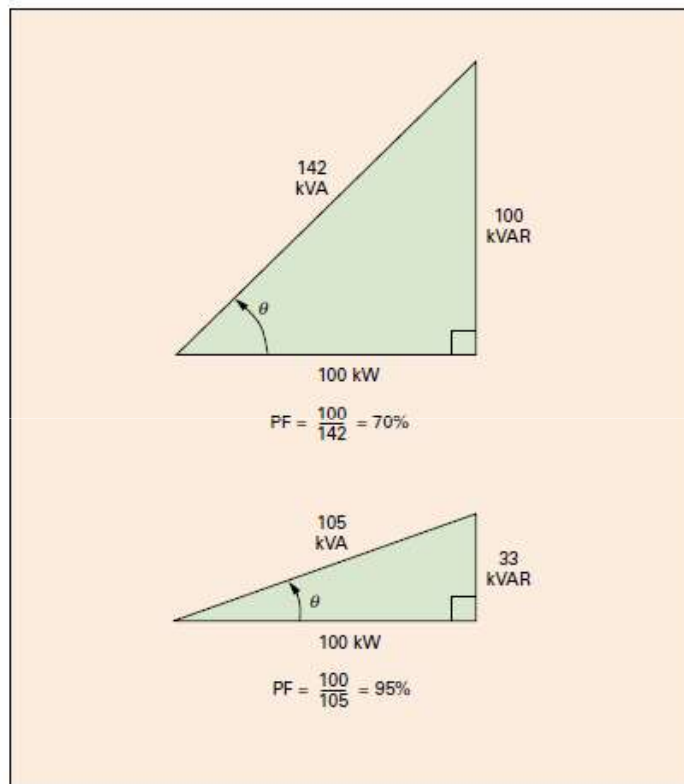
Potenza Reattiva (kVAr): serve a sostenere il campo magnetico ed è scambiata con la rete in un verso e nell'altro;

Potenza Apparente (kVA): dalla potenza attiva e quella reattiva ottengo la potenza apparente.

Le tre potenze appena descritte e l'angolo di sfasamento tra tensioni e correnti, cui è associato il fattore di potenza PF, sono rappresentati nel Triangolo delle Potenze.



Cosa succede se da un PF di 0,7 si passa ad un PF di 0,95 ?



Dal triangolo delle potenze si nota che i kVA diminuiscono con l'aumento del PF.

Un PF pari a 0,7 richiede 142 kVA per produrre 100 kW.

Con un PF pari a 0,95 sono richiesti solo 105 kVA per produrre sempre 100 kW.

Ma un altro modo di vedere il fenomeno è che se lavoro a PF=0,7 invece che a PF=0,95 ho bisogno per sviluppare la stessa potenza attiva (kW) del 35% in più di corrente!!!! Infatti

Cosa succede se da un PF di 0,7 si passa ad un PF di 0,95 ?

Nelle due condizioni precedentemente descritte le correnti di fase corrispondenti ad una Potenza Attiva di 100 kW con una tensione di linea $V_l=400\text{V}$, sono:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_l \cdot PF}$$

$$I = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,7} = 206\text{A}$$

$$I = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 152\text{A}$$

Quindi rifasando da PF=0,7 a PF=0,95 riduco del 35 % sia la potenza apparente che la corrente!!!

Vantaggi nell'incremento del fattore di potenza (rifasamento)

Abbiamo visto precedentemente che rifasando riduco sensibilmente sia la potenza apparente che la corrente, ma quale corrente? La corrente dei carichi dell'impianto, che transita ovviamente nelle linee terminali, in quelle di distribuzione e che costituisce il carico del trasformatore.

Di conseguenza avrò:

Minori perdite Joule:

- nel trasformatore/i MT/BT presenti;
- nei cavi (delle linee terminali connesse ai carichi utilizzatori, delle linee di distribuzione che collegano i diversi quadri di distribuzione dell'impianto, della condotta BT dai Trasformatori ai Power Center);
- nelle apparecchiature di protezione (dissipazione nei poli degli interruttori aperti, scatolati, etc..).

A parte un beneficio sulla Power Quality dell'impianto (minori cadute di tensione) per quanto riguarda il risparmio energetico posso concludere che:

Quando rifaso ho una riduzione delle perdite di energia in tutte le parti dell'impianto poste elettricamente a monte del punto in cui si effettua il rifasamento.

Aumento della potenza attiva che può essere sostenuta da un trasformatore (rifasamento)

Sia i generatori che i trasformatori sono dimensionati in base alla potenza apparente che possono generare oppure trasmettere. Se aumento il fattore di potenza cioè rifaso, tali macchine a parità di potenza apparente possono supportare una potenza attiva maggiore, e di quanto?...

Potenza Trsf.(kVA)	Potenza trasmissibile per F.d.P (kW)					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
100	50	60	70	80	90	100
125	62,5	75	87,5	100	112,5	125
160	80	96	112	128	144	160
200	100	120	140	160	180	200
250	125	150	175	200	225	250
315	157,5	189	220	252	283	315
400	200	240	280	320	360	400
500	250	300	350	400	450	500
630	315	378	441	504	567	630

A volte basta rifasare per non dover cambiare un trasformatore con uno di potenza maggiore.

Aumento della potenza attiva che può essere sostenuta da un trasformatore (rifasamento)

Un impianto con un trasformatore da 500 kVA alimenta carichi per complessivi 360 kW con un PF pari a 0,75. Il trasformatore per non andare in sovraccarico non può alimentare più di:

$$P = A \cdot PF = 500 \cdot 0,75 = 375kW$$

In ragione di un periodo favorevole viene richiesto un incremento della produzione che comporta un aumento della Potenza Attiva da 360 kW a 450 kW (incremento del 25%)→ sovraccarico del trasformatore del 20%!! Questo sovraccarico può essere tollerato per una o due ore!!

Se non rifaso dovrei cambiare il trasformatore passando ad un 630 kVA (comunque caricato per il 95% della potenza nominale!)

Invece, rifasando a PF=0,95

$$A = \frac{P}{PF} = \frac{450}{0,95} = 473kVA$$

→ **Il trasformatore esistente da 500 kVA va ancora bene e non c'è più bisogno di sostituirlo !!**

Rifasare

Come? Dove?

Nei capitoli precedenti si è evidenziato quali siano i vantaggi economici del Rifasamento sia in termini di penali per eccesso di energia reattiva quanto soprattutto per risparmio energetico in conseguenze della diminuzione sensibile dell'energia dispersa per perdite Joule (kWh)

Occorre quindi capire i vari punti d'installazione, in modo da sfruttare al meglio tali vantaggi.

Non esistendo una regola valida e generalizzata per tutti gli impianti, in teoria un Banco di Condensatori può essere installato in qualsiasi punto, ma occorre valutarne la realizzazione pratica ed economica.

Le 3 Tipologie di Rifasamento

- Distribuito
- Centralizzato
- Misto

Rifasamento

Distribuito

Quadri Automatici per la compensazione di carichi variabili

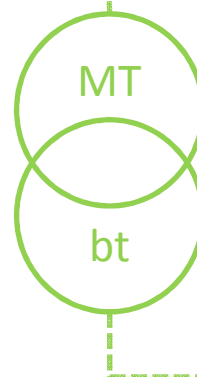
Come per i Quadri Fissi, anche questa soluzione si realizza collegando una Batteria di Condensatori direttamente al dispositivo che necessita di Potenza Reattiva.

Viene utilizzato qualora si debba compensare utilizzatori di grande potenza con carico variabile, in modo che la regolazione delle Batterie di Condensatori avvenga a gradini, in funzione della potenza reattiva necessaria indicata dal Regolatore.

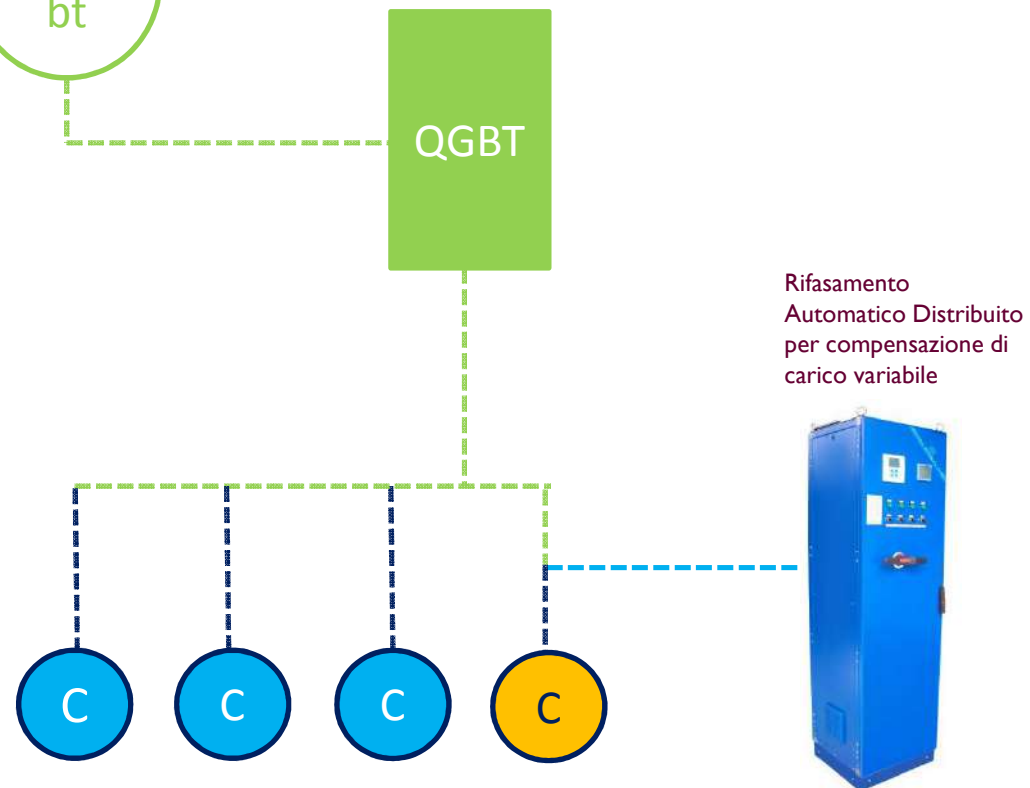
Oltre ad essere effettuata sui singoli carichi, questa soluzione è frequentemente utilizzata per il «Rifasamento a Gruppi», il quale consiste nell'installazione di un solo Quadro Automatico di Rifasamento, che provvederà alla compensazione di più carichi.

Anche in questo caso, tutta la rete a monte del carico lavora con un fattore di potenza elevato. Ricordiamo che..

Linea MT



In verde i componenti e le linee dell'impianto che hanno minori perdite Joule (risparmio energetico) in conseguenza dell'installazione del quadro di rifasamento. (tipologia distribuito)



Quando rifaso ho una riduzione delle perdite di energia in tutte le parti dell'impianto poste elettricamente a monte del punto in cui si effettua il rifasamento.

Rifasamento

Distribuito

Conclusioni

La tipologia di Rifasamento Distribuito, per quanto illustrato in precedenza, risulta sicuramente la soluzione tecnica migliore per incrementare il risparmio energetico per riduzione delle perdite Joule in impianto.

Occorre comunque verificare tre fattori sia per il corretto funzionamento del Quadro, che per la salvaguardia ed il contenimento dei costi.



Ubicazione

Specialmente all'interno di uno stabilimento, dove gli spazi sono già stati ottimizzati per perfetto funzionamento dei processi produttivi, non sempre si ha la possibilità di prevedere un'ulteriore area dedicata ad un Quadro per la compensazione di ogni singola macchina/motore.

Ambiente

Temperatura elevata e polverosità, sono sicuramente le due principali controversie ambientali per qualsiasi apparecchiatura elettrica.

Nella maggior parte dei casi, specie per l'Industria pesante, è necessaria la realizzazione di uno o più Quadri con gradi di protezione elevato IP54, IP67

Costi ed Installazione

Con l'installazione di un Quadro dedicato per una o più macchine/motori, ovviamente i costi sia relativi all'acquisto, che all'installazione ed alla manutenzione, saranno più elevati.

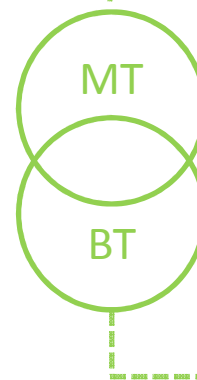
Rifasamento Centralizzato

Quadri Automatici per la compensazione «a monte» dell'impianto.

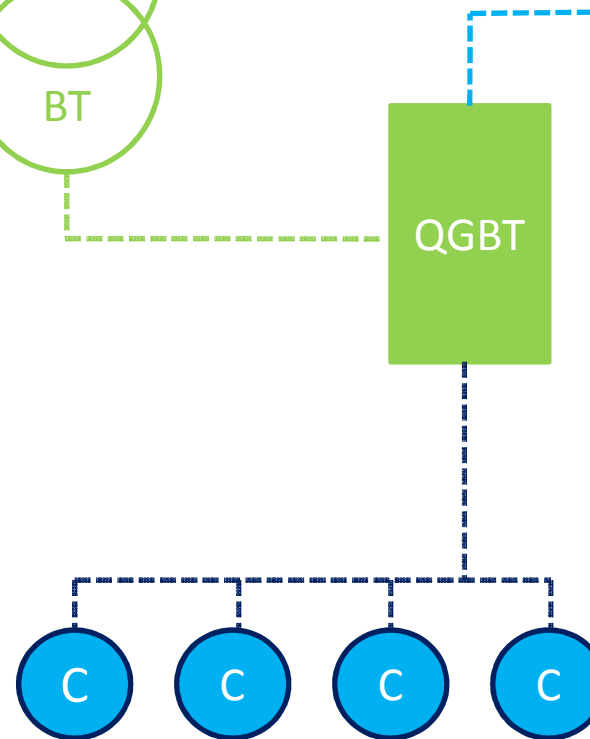
Il Rifasamento Centralizzato, è senza dubbio la tipologia più utilizzata, poiché nella maggior parte degli impianti non si ha un assorbimento costante di potenza reattiva, ad esempio a causa di cicli di lavoro in cui si utilizzano macchine con diverse caratteristiche elettriche.

Al fine di fornire una potenza che sia la più vicina possibile a quella richiesta, l'inserzione dei condensatori avviene a gradini con una precisione di controllo che sarà tanto maggiore quanto numerosi saranno i gradini e quanto più piccola sarà la differenza tra l'uno e l'altro.

Linea MT !



In verde i componenti e le linee dell'impianto che hanno minori perdite Joule (risparmio energetico) in conseguenza dell'installazione del quadro di rifasamento. (tipologia centralizzato)



Rifasamento Automatico Centralizzato per compensazione «a monte» dell'impianto

Rifasamento

Misto

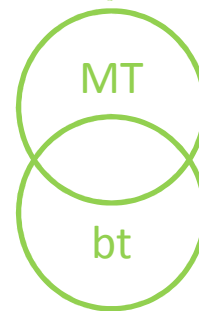
Grandi potenze, massima efficienza

Questa soluzione, deriva essenzialmente da un compromesso fra le due soluzioni del Rifasamento Distribuito e di quello Centralizzato e ne sfrutta i vantaggi.

In questo modo, il Rifasamento Distribuito sarà utilizzato per le apparecchiature di maggiore potenza, mentre il Rifasamento Centralizzato, si occuperà della compensazione dei carichi restanti.

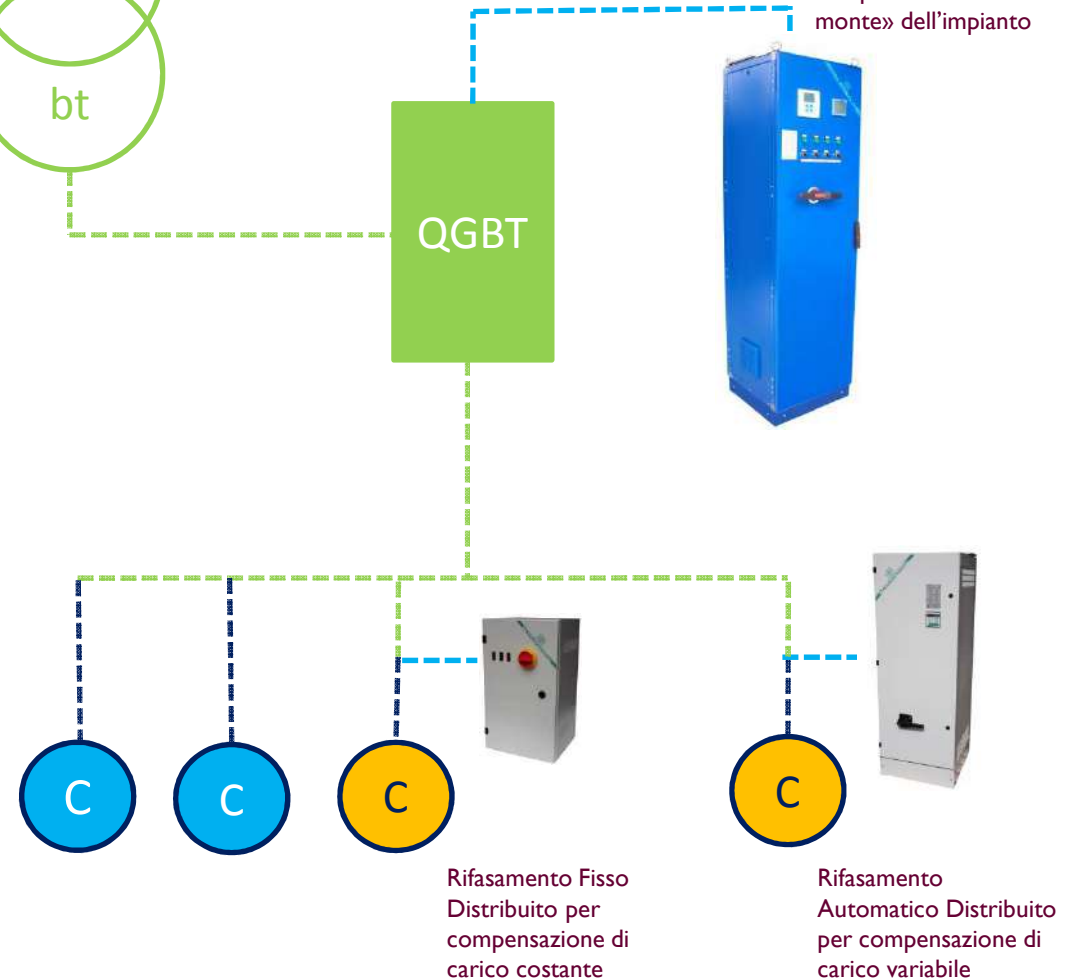
Il Rifasamento Misto è prevalentemente impiegato quando in un impianto di grande portata, solo le grosse apparecchiature sono utilizzate frequentemente; in tale circostanza esse sono rifasate singolarmente mentre le piccole apparecchiature sono rifasate in modo centralizzato.

Linea MT !



In verde i componenti e le linee dell'impianto che hanno minori perdite Joule (risparmio energetico) in conseguenza dell'installazione del quadro di rifasamento. (tipologia misto)

Rifasamento Automatico Centralizzato per compensazione «a monte» dell'impianto



Rifasamento dei Motori Trifase

Il Rifasamento dei Motori Elettrici è più complesso, in quanto occorre considerare le caratteristiche dello stesso, come ad esempio il numero di poli, il suo rendimento ed il regime di funzionamento.

La tabella a sotto, indica la potenza della batteria di rifasamento necessaria a rifasare le macchine asincrone con rotore a gabbia.

In caso di macchine con rotore avvolto, occorre fare una maggiorazione del 5% della potenza indicata.

Potenza Nominale		Velocità di Rotazione (giri/min.)			
(kW)	(Cv)	3000	1500	1000	750
22	30	6	8	9	10
30	40	7.5	10	11	12.5
37	50	15	19	19	22
75	100	17	22	25	28
110	150	35	42	45	50
147	200	35	41	44	52
184	250	40	50	55	60
250	340	52	57	63	71
280	385	60	65	70	80
355	482	70	85	95	110
400	544	85	90	100	116
450	610	95	100	115	125

Rifasamento dei Trasformatori MT/bt

Quadri Fissi di Rifasamento

I Trasformatori installati nelle cabine MT/bt, funzionano prevalentemente nelle ore del giorno, in cui il ciclo produttivo è a regime.

Nelle ore notturne, il Trasformatore non ha carico ed essendo sempre alimentato sul lato MT, rimane magnetizzato.

Questo stato energetico comporta una circolazione di corrente sul primario molto sfasata rispetto alla tensione, con il conseguente effetto di avere un bassissimo Cosphi che è la causa delle perdite a vuoto del trasformatore.

È consigliato ai fini economici, rifasare utilizzando un Quadro Fisso collegato ai morsetti lato BT del Trasformatore.

La tabella seguente, in funzione della potenza del Trasformatore e delle condizioni di carico, indicano la Potenza Reattiva necessaria della batteria di rifasamento Fissa.

Potenza (kVA)	Trasformatori in olio		Trasformatori in Resina	
	Q _r (Kvar)		Q _r (Kvar)	
	A vuoto	A carico	A vuoto	A carico
100	2.5	7,5	3.0	8.5
160	4,0	10,5	3.6	12.5
200	5.5	12,5	4.5	16.5
250	6.5	15,0	5.1	20.5
315	8.5	19,2	7.0	25.0
400	9.5	22.5	8.5	31.0
500	10.5	31,0	10.5	38.5
630	12.5	38,0	9.0	47.5
800	20.5	63.0	15.5	60.2
1000	22.0	78.1	12.5	75.0
1250	25.5	95.0	15.5	92.2
1600	27.5	120.0	20.2	118.5
2000	31.5	150,5	23.5	145.0
2500	33.5	185.5	28.5	175.0
3000	35.2	210.0	31.2	186.0

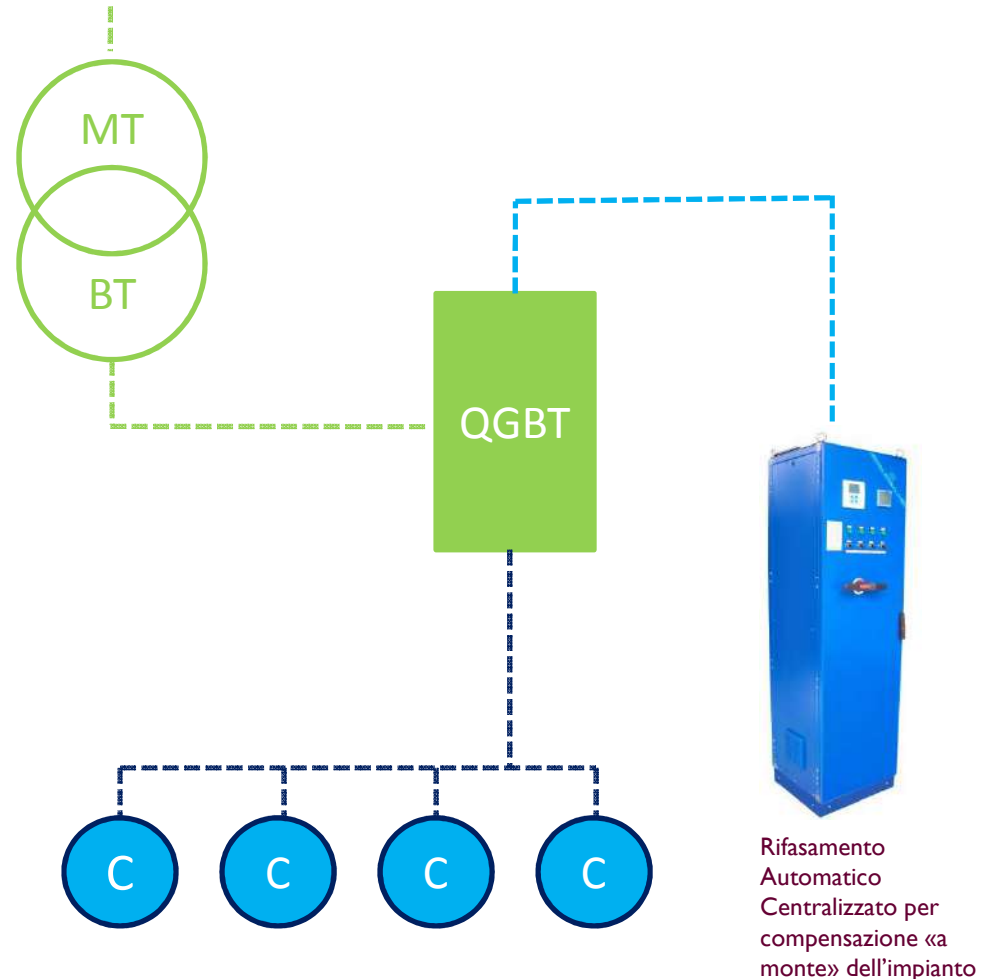
Risparmio energetico caso I (rifasamento)

Consideriamo il caso di un impianto in schema radiale semplice, quindi una linea in MT, un trasformatore MT/bt e la linea dal trasformatore al quadro principale (PC); avremo poi le linee dal PC agli altri quadri. Si consideri il caso di rifasamento centralizzato che abbiamo capito essere quello meno vantaggioso in termini di risparmio energetico conseguito.

Si considerano nel seguito diverse condizioni operative, ad esempio differenti PF di partenza, differenti carichi e conseguentemente diverse taglie di trasformatori. Ricordiamo che con il rifasamento centralizzato i benefici in termini di minori perdite si hanno sulla linea MT, sul/sui trasformatori, sulle fruste di BT dal trasformatore al Power Center.

Le ore di funzionamento annuali siano 8480 h.

Si decida di rifasare a $PF=0,95$



Risparmio energetico caso I (rifasamento)

Sono stati calcolati per i diversi casi il risparmio in termini di kW per minori perdite; questo si traduce, considerando il numero di ore di utilizzazione in un risparmio energetico pari a:

$$E(kWh) = \Delta P(kW) \cdot h$$

Il risparmio in termini di Energia Attiva (kWh) dipende dal cosphi al quale lavora l'impianto, dalla sua estensione, dal tipo di rifasamento (centralizzato, distribuito, misto) si attesta comunque **tra l'1% e il 2% dell'energia Attiva assorbita dall'impianto.**

Andando a considerare le tariffe ARERA e dei diversi enti distributori si può considerare un costo di circa 11 Cent. Euro al kWh per consegna in MT. Abbiamo inoltre valutato le minori penali conseguite per via dell'incremento del PF a 0,95 (**ARERA 882/I 7/R/EEL**).

Risparmio conseguibile su impianto in schema radiale semplice (rifasamento centralizzato)

Si considerano differenti condizioni di PF iniziale e diverse richieste di carico con differenti taglie di trasformatori. Il numero di ore di utilizzo sia 8480 annuali. Si sono considerate le sezioni adatte per la MT e la BT, condotta in MT lunga 40 m, condotta in BT lunga 35 m, il Trasformatore caricato al 70% della potenza nominale alle diverse condizioni di PF.

Risparmio E(kWh) in un anno	PF In.	PF In.	PF In.	PF In.	PF In.
Potenza Trasn.(kVA)	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
630	23118	19800	16591	13420	10240
800	31564	26873	22409	18060	13750
1000	38884	33076	27572	22206	16898
1250	50295	42432	35120	28142	21343
1600	57405	49060	41026	33135	25262
2000	78299	66557	55438	44632	33951
2500	104451	88982	74236	59845	45556

Risparmio conseguibile su impianto in schema radiale semplice (rifasamento centralizzato)

Che in Euro sono.....

Risparmio E(€) in un anno	PF In.	PF In.	PF In.	PF In.	PF In.
Potenza Trasn.(kVA)	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
630	2.543	2.178	1.825	1.476	1.126
800	3.472	2.956	2.465	1.987	1.513
1000	4.277	3.638	3.033	2.443	1.859
1250	5.532	4.668	3.863	3.096	2.348
1600	6.315	5.397	4.513	3.645	2.779
2000	8.613	7.321	6.098	4.909	3.735
2500	11.490	9.788	8.166	6.583	5.011

Risparmio energetico caso I (rifasamento centralizzato)

Per quanto riguarda le penali per eccesso di energia reattiva consideriamo il seguente caso:

Impianto con Cosphi 0,8 caso considerato per An Trasformatore=1000 kVA caricato al 70% per le ore stabilite all'anno (8480 h)

Energia Attiva: 4.155.200 kWh/anno

Energia Reattiva: 3.116.400 kVarh/anno

Energia Reattiva tra il 33 % ed il 75 % dell'Energia Attiva = $1.745.184 \text{ kVarh} \times 0,00247$
= 4.310,00 €/anno

Energia Reattiva oltre il 75 % dell'Energia Attiva; non applicabile

TOTALE: = 4.310,00 €/anno

Risparmio energetico caso I (rifasamento centralizzato)

Abbiamo visto precedentemente che per il caso considerato si ha un risparmio energetico in termini di kWh di 16.898 kWh che economicamente corrispondono a :

QUOTA ENERGIA ATTIVA: (Euro 0,11 euro per kWh) * 16.898 = 1.859,00 Euro

Quindi globalmente tenendo conto sia delle penali per eccesso di energia reattiva che del risparmio in termini di minori perdite si ottiene:

QUOTA ENERGIA REATTIVA: = 4.310,00 €/anno

+

QUOTA ENERGIA ATTIVA: = 1.859,00 Euro

TOTALE: = 6.169,00 €/anno

Risparmio energetico caso II (rifasamento misto)

Consideriamo il caso di un impianto con consegna in MT (20 kV) lunga 400 m di sezione 3x50 mmq; in Cabina ci sono due trasformatori 20000/400 di potenza $A=2000$ kVA.

- Il trasformatore TR1 risulta essere caricato per 2100A a $\cos\varphi$ 0,889;
- Il trasformatore TR2 risulta essere caricato per 700A a $\cos\varphi$ 0,857.

Abbiamo un Power center per ciascun trasformatore.

La lunghezza e formazione delle blindo in B.T. dai trasformatori ai rispettivi interruttori generali di B.T. in cabina è **15 mt costituite da barre piatte in rame 120 x 7 mm (due barre x fase) + 1x120x7 mm sul neutro.**

Lunghezza e formazione dei cavi dall'interruttore posto sul power center in cabina fino a quadro secondario, **105 mt circa sezione cavo 150 mmq cavi (per fase n°3 cavi) per neutro n°2 fg7.**

Lunghezza e formazione dei cavi dal quadro secondario fino a un quadro bordo macchina che comandano un compressore (due i compressori in totale, uno per ogni sezione d'impianto) **25 mt circa 3 x 95 mmq fg7. La corrente assorbita da un compressore è di 300 A a $\cos\varphi=0,78$.**

Risparmio energetico caso II (rifasamento misto)

Si realizza un sistema di rifasamento, in modo da incrementare il $\cos\varphi$ fino a 0,98 sia sul lato BT del trasformatore, quanto sulla linea che alimenta i compressori (rifasamento misto).

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

- Risparmio P(W) in un anno: 6890 W;
- Ore di utilizzazione 4500;
- Risparmio E(kWh) in un anno 31000;
- Costo kWh, 0,11 €;
- Risparmio in un anno 3.400 €.

Risparmio energetico caso II (rifasamento misto)

Per l'impianto in oggetto a seguito misure si sono estrapolati i seguenti dati:

Energia Attiva: 5.221.881 kWh/anno

Energia Reattiva: 2.707.831 kVarh/anno

Energia Reattiva tra il 33 % ed il 75 % dell'Energia Attiva = $984.611 \text{ kVarh} \times 0,00247$
= 2.432,00 €/anno

Energia Reattiva oltre il 75 % dell'Energia Attiva; non applicabile

TOTALE: = 2.432,00 €/anno

Risparmio energetico caso II (rifasamento misto)

Abbiamo visto precedentemente che per il caso considerato si ha un risparmio energetico in termini di kWh di 31.000 kWh che economicamente corrispondono a :

QUOTA ENERGIA: (Euro 0,11 euro per kWh) * 31.000 = 3.400,00 Euro

Quindi globalmente tenendo conto sia delle penali per eccesso di energia reattiva che del risparmio in termini di minori perdite si ottiene:

QUOTA ENERGIA REATTIVA: = 2.432,00 €/anno

+

QUOTA ENERGIA ATTIVA: = 3.400,00 Euro

TOTALE: = 5.832,00 €/anno

Iper ammortamento 250% (Legge di Bilancio 2018)

Piano Industria 4.0 2018: incentivi e agevolazioni

Condizioni per usufruire dell'iper ammortamento 2018

La Legge di Bilancio 2018 (LEGGE 27 dicembre 2017, n. 205) ha previsto la proroga delle agevolazioni previste per favorire lo sviluppo dell'industria 4.0, tra i quali l'iper ammortamento cioè la maggiorazione del costo di acquisto di determinati beni al 150% già contemplata nella legge L. 11 dicembre 2016 n.232.

I quadri di Rifasamento rientrano nella categoria prevista al punto 2 dell'All. A cioè "Sistemi per l'assicurazione della qualità e sostenibilità), nel quale vengono citati tutti "i componenti, sistemi e soluzioni intelligenti per la gestione, l'utilizzo efficiente e il monitoraggio dei consumi energetici e idrici e per la riduzione delle emissioni".

Inoltre deve essere verificata la condizione dell'interconnessione, cioè al fine dell'ottenimento del beneficio, il bene acquistato deve poter scambiare informazioni con sistemi interni e/o esterni per mezzo di un collegamento basato su specifiche documentate, inoltre il bene sia identificabile univocamente, al fine di riconoscere l'origine delle informazioni mediante l'utilizzo di standard di indirizzamento internazionalmente riconosciuti. Tutto questo è possibile sui nostri quadri di rifasamento che sono dotati di regolatori che supportano i protocolli di comunicazione Modbus e Profibus sulle interfacce USB, RS232, RS485, Ethernet.

Iper ammortamento 250% (Legge di Bilancio 2018)

Tempistica per usufruire dell'iper ammortamento 2018

Si applica agli investimenti effettuati nel corso del 2018, con la possibilità di completare l'investimento entro il 31 dicembre 2019 se entro il 31 dicembre 2018 l'ordine risulti accettato dal venditore e sia avvenuto il pagamento di acconti in misura almeno pari al 20% del costo di acquisizione.

Esempio del risparmio d'imposta conseguibile

Un esempio del risparmio d'imposta conseguibile con l'agevolazione dell'iper ammortamento è rappresentato nella tabella seguente che evidenzia gli effetti fiscali di un investimento di 10.000 euro effettuato da un soggetto IRES in un bene che fruisce dell'iperammortamento rispetto all'ipotesi di ammortamento ordinario:

	Ammortamento ordinario	Iper ammortamento (maggiorazione 150%)
Importo deducibile ai fini IRES	10.000	25.000
Risparmio d'imposta (24% dell'importo deducibile ai fini IRES)	2.400	6.000
Costo netto dell'investimento (10.000-risparmio d'imposta)	7.600	4.000
Maggior risparmio sul costo netto dell'investimento		36,00% (7.600-4.000)/10.000



Rifasamento Industriale in bt

Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto (N₂)

Normative di Riferimento Rifasamento ed Efficienza energetica

CEI EN 61921

Condensatori di Potenza – Batterie di rifasamento a bassa tensione

CEI EN 61439-1

Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) – Parte I

IEC 60831-1

Condensatori di Potenza per Sistemi A.C. con tensione fino a 1000V – Parte I

IEC 60831-2

Condensatori di Potenza per Sistemi A.C. con tensione fino a 1000V – Parte 2

CEI 64-8/8-1

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
Parte 8-1: Efficienza energetica degli impianti elettrici

CEI EN 61642


Reti industriali in corrente alternata affette da armoniche- Applicazione di filtri e di Condensatori statici di Rifasamento

UNI EN 50081-2 – Marcatura CE

Tutti i prodotti realizzati da TELEGROUP sono certificati e marcati secondo la normativa vigente.

TYPE TEST

CEI EN 61439-1 Prova di sovratemperatura ($T_a=52^{\circ}\text{C}$)



REPORT OF PERFORMANCE **TIC 1372-14**


OBJECT	A three-phase cubicle-type low-voltage switchgear and controlgear assembly for indoor installation.		
TYPE	TLFG400400ENSP	SERIAL No.	13110418 and 13110419
	415 V – 50 kA – 50 Hz		
CLIENT	TELEGROUP S.r.l. Tavarnelle Val di Pesa, Italy		
MANUFACTURER	TELEGROUP S.r.l. Tavarnelle Val di Pesa, Italy		
TESTED BY	KEMA Nederland B.V. Arnhem, The Netherlands		
DATE(S) OF TESTS	17 and 18 December 2013		
TEST SPECIFICATION	The programme was specified by the client and was in accordance with IEC 61439-1, clause 10.10.		
SUMMARY AND CONCLUSION	The test object passed the verification.		

This report applies only to the object tested. The responsibility for conformity of any object having the type references as that tested rests with the manufacturer.

This report consists of 16 pages in total.

Copyright: Only integral reproduction of this report is permitted without written permission from KEMA. Electronic reproduction in PDF-format or scanned version of this report may be available and have the status 'for information only'. The original and bound version of the report is the only valid version.

KEMA Nederland B.V.

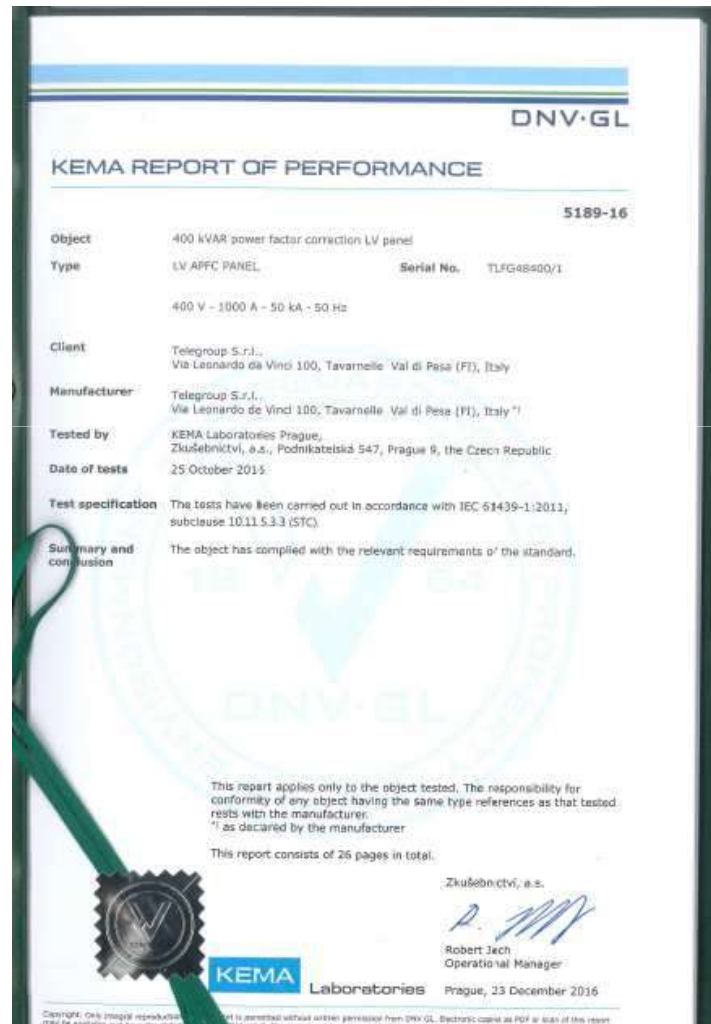


S.A.M. Verhoeven
Director Testing, Inspections &
Certification The Netherlands

Arnhem, 23 May 2014

TYPE TEST

CEI EN 61439-1 Prova di tenuta al cortocircuito ($I_{cw}=50 \text{ kA } 1s$)



DNV-GL

KEMA REPORT OF PERFORMANCE

5189-16

Object	400 kVAR power factor correction LV panel		
Type	LV APFC PANEL	Serial No.	TLFG48#00/1
	400 V - 1000 A - 50 kA - 50 Hz		
Client	Telegroup S.r.l., Via Leonardo da Vinci 100, Tavarnelle Val di Pesa (FI), Italy		
Manufacturer	Telegroup S.r.l., Via Leonardo da Vinci 100, Tavarnelle Val di Pesa (FI), Italy *1		
Tested by	KEMA Laboratories Prague, Zkušebníctví, a.s., Podnikatelská 547, Prague 9, the Czech Republic		
Date of tests	25 October 2016		
Test specification	The tests have been carried out in accordance with IEC 61439-1:2011, subclause 10.11.5.3.3 (STC).		
Summary and conclusion	The object has complied with the relevant requirements of the standard.		

This report applies only to the object tested. The responsibility for conformity of any object having the same type references as that tested rests with the manufacturer.
*1 as declared by the manufacturer.

This report consists of 26 pages in total.

Zkušebníctví, a.s.

P. Jech

Robert Jech
Operational Manager

KEMA Laboratories
Prague, 23 December 2016

Copyright: Only integral reproduction of this report is permitted without written permission from DNV-GL. Electronic copies as PDF or scan of this report may be created and used for internal purposes only. The report and its content are confidential.

Quadri Automatici di Rifasamento

Configurazione

Carpenteria metallica

Verniciata con polveri epossidiche, grado di protezione standard IP31 (IP54 a richiesta)

Regolatore

Automatico a Microprocessore, per l'inserzione delle batterie di condensatori

Barratura

Realizzata attraverso sbarre di alluminio o cavi di potenza, in base alle tipologie

Trasformatore

Per la separazione dei circuiti ausiliari da quelli di potenza

Dispositivo di Sezionamento

Sezionatore Tripolare con manovra bloccoporta, opportunamente dimensionato 1,5 volte la corrente nominale del Quadro.

Sistema di Ventilazione

Naturale o Forzata in base alle potenze ed alle tipologie. La Ventilazione Forzata è realizzata attraverso uno o più ventilatori + termostato o, in caso di grado di protezione IP54, attraverso Torrino di Aspirazione (Estrattore IP54)

Cassetti Modulari Estraibili (Rack)

Condensatori Trifase, con isolamento in Resina o Gas di Azoto (N₂), in base alle tipologie.

Contattori Tripolari o Moduli Tiristori

Fusibili di protezione p.i. 100 kA

Reattanze di Filtro (se richieste). realizzate in nucleo di lamierino metallico a cristalli orientati, complete di sonda termica. Freq. di accordo (134 Hz, 189 Hz, 210 Hz)

Condensatori

Tecnologie

monofase e Trifase

I Condensatori, rappresentano il vero motore di un Quadro di Rifasamento.

Senza Condensatori di primissima qualità, i restanti componenti non hanno senso di operare.

La tecnologia di Condensatori Monofase, ormai piuttosto abbandonata a livello internazionale ma ancora largamente utilizzata in Italia, rappresenta un sistema costruttivo arcaico quanto pericoloso e rischioso.

Nonostante la qualità dei propri Condensatori Monofase fosse eccellente, TELEGROUP, seguendo la scelta del proprio Partner, da oltre 15 anni realizza Quadri di Rifasamento dotati di Condensatori Trifase.

Questa tecnologia, oltre ad essere più all'avanguardia, presenta notevoli vantaggi costruttivi, tecnici, economici ed in termini di sicurezza

Vantaggi del Trifase

- Riduzione degli ingombri e conseguente possibilità di realizzare grandi potenze in dimensioni assai compatte, oltre alla riduzione del margine di errore nei cablaggi, in quanto il collegamento a triangolo è parte integrante del Condensatore, pertanto il rischio è ridotto al minimo, mentre per l'allacciamento dei Condensatori Monofase, si riscontrano problemi di connessione per l'utilizzo dei faston.
- In caso di danneggiamento o rottura, si disconnettono immediatamente tutte e 3 le capacità all'interno del Condensatore. Nel tipo Monofase invece, la rottura di un'unità può avvenire indifferentemente su una delle 3 fasi e pertanto, si avrà uno squilibrio di capacità ancor più dannoso nel caso di Quadri con Reattanze di Filtro.
- Facile manutenzione, in quanto in caso di rottura è sufficiente sostituire il Condensatore con uno di pari caratteristiche, mentre nel caso di Condensatori Monofase, è necessario sostituire la terna e provvedere ad un nuovo cablaggio
- Grazie alla riduzione degli spazi, ed all'ottimizzazione dei tempi di produzione, oggi un Quadro di Rifasamento con Condensatori Trifase, si presenta economicamente sul mercato al pari di Quadri realizzati con Condensatori Monofase, con una qualità ed affidabilità che non ammettono paragone.

Condensatori

Potenza riferita alla Tensione di...

In Italia, purtroppo molto spesso, ci troviamo di fronte a richieste del genere:

«Quadro Automatico di Rifasamento 500 kVAr a 550 V»

Perchè a 550 V?

Alcuni costruttori, per una logica puramente commerciale, riferiscono la Potenza di un Quadro di Rifasamento non alla tensione di rete, ma alla tensione dei Condensatori.

Benefici? «....» $500 \text{ kVAr} \frac{400 \text{ V}^2}{550 \text{ V}^2} = Q_c \text{ 264 kVar}$

$$Q_c = Q_n \frac{U^2}{U_n^2}$$

Svantaggi?

Decurtazione della potenza, fino ad un max del 48 %.

Tabella di rapporto tra una potenza riferita alla tensione dei Condensatori e tra la stessa Potenza applicata alla Tensione standard di Rete in Italia, 400 V...

415 V su 400 V = - 8 % della potenza
440 V su 400 V = - 18 % della potenza
450 V su 400 V = - 21 % della potenza
460 V su 400 V = - 25 % della potenza
500 V su 400 V = - 36 % della potenza
525 V su 400 V = - 42 % della potenza
550 V su 400 V = - 48 % della potenza

In conseguenza di ciò, un «Quadro Automatico da 500 kVAr a 550 V» non è altro che un Quadro da 264 kVAr a 400 V, a prescindere dalla tensione dei Condensatori

TELEGROUP riferisce SEMPRE la Potenza dei propri Quadri alla Tensione di 400 V

Condensatori

Perché utilizzare Condensatori a 500, 550 V?

In una rete Elettrica a 400V 50 Hz non è assolutamente necessario installare un Quadro di Rifasamento con Condensatori aventi Tensione Nominale 500, 525 o 550 V.

Questa situazione purtroppo, si presenta costantemente in Italia, in quanto molti costruttori, hanno pensato di aumentare le tensioni dei propri Condensatori Monofase, divulgando nel tempo un **«credo tecnico-commerciale» totalmente fuorviante.**

«Maggiore è la Tensione del Condensatore, maggiore è la sua tenuta ai fenomeni armonici»

.....NO!

Perché?

- Se in presenza di basso, o nullo, contenuto armonico, non è necessario alzare la tensione dei condensatori, in quanto un Condensatore Trifase a 440V realizzato con un iter costruttivo impeccabile, su una configurazione del genere è definibile come long life.
- Se in presenza di medio-alto contenuto armonico, è consigliato aumentare la Tensione dei Condensatori? **NO!**
Le armoniche, hanno un valore molto più elevato in corrente che in tensione, quindi aumentando la tensione del Condensatore, non è la soluzione
- **Anche aumentando la tensione del Condensatore, il problema di una possibile risonanza non viene risolto.**



Monofase
500,550 V
THDi > 30-35 %

Condensatori: Aumento di temperatura dovuto alle distorsioni armoniche in tensione e in corrente

Con una armonica in corrente di ordine h sulla linea l_h , la corrente su ogni condensatore collegato a triangolo è: $I_{ch} = \frac{I_h}{\sqrt{3}}$

La tensione ai capi di ogni condensatore sarà: $U_h = \frac{I_{ch}}{2\pi f_h C \times 10^{-6}}$ $C = 3C_{fase}$

La potenza reattiva del condensatore trifase legata all'armonica di ordine h è: $Q_h = 3I_{ch}U_h$

Le perdite dielettriche legate all'armonica di ordine h sono: $P_{vdh} = Q_h \tan \delta$

Le perdite resistive legate all'armonica di ordine h sono: $P_{vrh} = I_h^2 R_s 10^{-3}$

Le perdite totali legate all'armonica di ordine h sono: $P_{vdh} + P_{vrh} = P_{vtoth}$

L'innalzamento di temperatura nel condensatore rispetto alla temperatura ambiente sarà: $P_{vtoth} R_{th} = \Delta T$

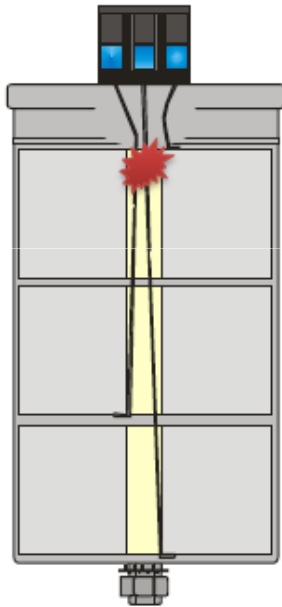
E se abbiamo una armonica in tensione di ordine h sulla linea U_h come si procede? $I_{ch} = U_h 2\pi f_h C \cdot 10^{-6}$

Quindi: $Q_h = 3I_{ch}U_h$

E si ragiona come sopra!

Condensatori: Aumento di temperatura in condizioni nominali

HOTSPOT:



Esempio:

Batteria 25kvar 400V a 50Hz

Corrente nominale I_R 62.6 A (36.1A/ph)

Fattore di perdita dielettrica $\tan\delta_0$ 2×10^{-4}

Resistenza serie R_s 0.7 mΩ

Resistenza termica R_{th} 2.4 K/W

Perdite dielettriche $P_{VD} \quad Q_C \times \tan\delta_0 = 5W$

Perdite su metallizzazione $P_{VR} \quad I^2 \times R_s = 2.7W$

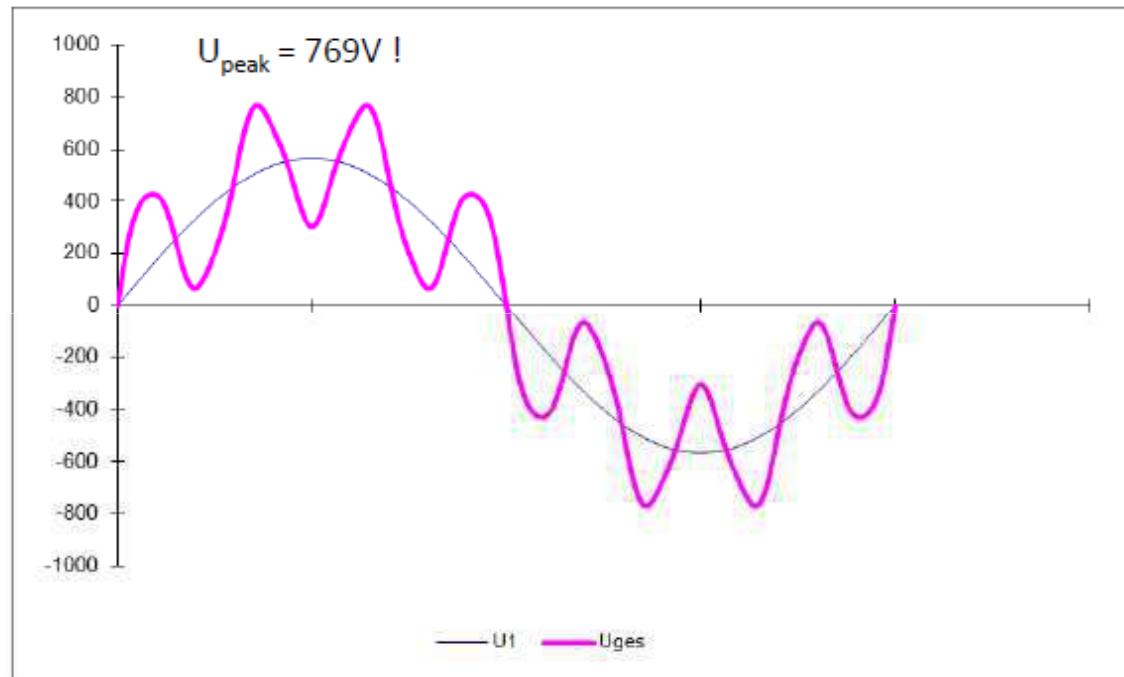
Perdite totali $P_{V \text{ Total}}$ 7.7W

Incremento temperatura rispetto a quella ambiente:

$$\Delta\theta \quad P_{V \text{ Total}} \times R_{th} = \mathbf{18.5K}$$

Condensatori: Aumento di temperatura in condizioni di risonanza

Risonanza parallelo con trasformatore 1000kVA, $U_{cc}=6\%$ e 350kvar connessi



effetti nel condensatore

I_C 227 A ($3.64 \times I_N$)

P_{Vtotal} 39.7 W

$\Delta\Theta_{HOTSPOT}$ 95K

distruzione!!



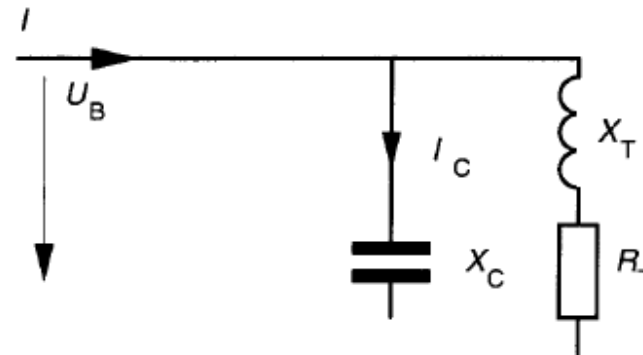
CEI EN 61642: Esempio di risonanza parallelo

Vediamo un esempio di collegamento in parallelo di un trasformatore con un condensatore:

L'esempio di calcolo presente nella Norma tiene conto delle seguenti condizioni:

- Tensione nominale U_n 400 V
 - Trasformatore da 1000 kVA con una tensione di cortocircuito pari al 6%
 - Batteria di condensatori da 160 kvar
- I valori di corrente sono relativi ad una potenza apparente di 300 kVA

U_b è la tensione sulle sbarre di carico e I_c è la corrente nel condensatore.



CEI EN 61642: Esempio di risonanza parallelo

Nella tabella seguente vengono indicati i valori di impedenze, tensioni e correnti alle diverse frequenze armoniche

Tab. 2 Numerical results of impedances, voltages and currents at characteristic harmonic orders of a parallel resonance circuit in the presence of a harmonic current source

Risultati numerici relativi ai valori delle impedenze, tensioni e correnti corrispondenti agli ordini delle armoniche caratteristiche di un circuito risonante parallelo alimentato da una rete con presenza di armoniche di corrente

h	X_T Ω	X_C Ω	Z Ω	I A	I (%) %	U_B V	U_B (%) %	I_C A
1	0,010	-0,000	0,010	433	100,0	—	—	231
5	0,048	-0,200	0,064	87	20,0	10	2,4	28
7	0,067	-0,143	0,127	62	14,3	14	3,4	55
11	0,106	-0,091	0,490	39	9,1	33	8,3	212
13	0,125	-0,077	0,192	33	7,7	11	2,8	83
17	0,163	-0,059	0,091	25	5,9	4	1,0	39
19	0,182	-0,053	0,073	23	5,3	3	0,7	32

$R_T = X_T / Q_T = X_T / 8$
 (semplificato_simplified)

\downarrow
 THDI% = 28%

DF (B) % = 9,8

$I_{C\text{ eff.}} = 334\text{A}$
 $I_C / I_{CN} = 1,45$

I è la corrente sulle sbarre di carico e U_B è la tensione risultante sulle sbarre di carico. $I\%$ e $U_B\%$ sono i rispettivi valori percentuali riferiti ai valori nominali.

CEI EN 61642: Esempio di risonanza parallelo

CONCLUSIONI:

1) Se la frequenza è prossima alla frequenza di risonanza parallelo, una corrente relativamente bassa sulle sbarre di alimentazione può determinare una elevata corrente nel quadro di rifasamento.

Nell'esempio per $h=11$ i condensatori sono attraversati da una corrente di 212 A che risulta essere più del 90 % della corrente fondamentale, sebbene la corrente armonica sia soltanto 39 A sulle sbarre di carico.

2) L'elevato valore di corrente provoca un'elevata caduta di tensione sulle sbarre di carico, che determina una distorsione della tensione sinusoidale.

Nell'esempio per $h=11$, la distorsione della tensione risulta uguale a 8,3 %

Il THDv% non deve superare l'8% (vedi CEI EN 50160)

3) Il valore efficace della corrente che attraversa i condensatori risulta **essere 1,45 volte il valore della corrente nominale del quadro di rifasamento**. Questa è una situazione di sovraccarico perché il limite normale è 1,43 volte la corrente nominale del condensatore **(vedi CEI EN 60831)**.

La distorsione di tensione sulle sbarre di carico è circa l'8% per una singola frequenza armonica e quindi assai più elevata dei normali livelli ammessi.

Si noti come l'amplificazione non si ha solo quando la frequenza coincide con la frequenza di risonanza, ma anche quando la frequenza si avvicina a quella di risonanza.

Condensatori

Tipologie d'isolamento

3 isolamenti, il migliore?

Mentre l'avvolgimento di qualsiasi Condensatore, sia Monofase che Trifase, viene realizzato attraverso un film di polipropilene metallizzato, per quanto riguarda invece l'isolamento, ovvero il riempimento, esistono essenzialmente 3 tipologie.

Resina viscosa e Olio, sono tipologie «classiche» d'isolamento, utilizzate sia in configurazione Monofase che Trifase.

L'isolamento in Gas di Azoto (N₂), utilizzato esclusivamente in configurazione Trifase, rappresenta sicuramente la tecnologia più innovativa, sicura ed affidabile.



Perché l'Azoto? MKPG

La problematica principale da risolvere in un ciclo produttivo di Condensatori, è senz'altro rappresentata dall'umidità.

Nelle catene produttive di Condensatori con materiali viscosi, questo ostacolo impone grande attenzione durante la fase di riempimento, in quanto la presenza di umidità all'interno del cilindro, comprometterebbe in modo sostanziale la durata del Condensatore.

Con il riempimento del cilindro attraverso l'Azoto, si esclude qualsiasi possibile presenza di umidità.

L'Azoto infatti, è un gas inerte totalmente a secco che, oltre ad essere ovviamente privo di umidità, è anche utilizzato in altri settori specifici, proprio per la rimozione della stessa umidità da vari conduttori.

Questo significa che già dal processo produttivo, questa tipologia di Condensatori è realizzata secondo un iter perfetto, caratteristiche che ovviamente si riflette poi in fase di applicazione.

Condensatori in Azoto Caratteristiche



Tensione Nominale (U_c): da 230 a 800 V

Frequenza Nominale: 50 – 60 Hz

Temperatura di Lavoro: - 40° C / D

Isolamento : Gas di Azoto (N_2)

Tolleranza sulla capacità: - 5 + 15 %

Esecuzione: Trifase

Resistenze di scarica: Incluse

Tensione di prova fra i terminali: $2 U_n / 2 \text{ sec.}$

Tensione di prova fra terminali e custodia: $3000 \text{ Vac} / 1 \text{ sec.}$

Servizio: Continuo

Grado di Protezione: $IP00 \leq 10 \text{ Kvar} / IP20 > 10 \text{ Kvar}$

Perdite Dielettriche: $< 0,2 \text{ W} / \text{Kvar}$

Norme di Riferimento: EN 60831 I-2 / UL N. 810



Classe di Temperatura

Cat.	Max. Temperatura Ambiente		
	Max.	Media 24h	Media 365 gg
B	45°	35°	25°
C	50°	40°	30°
D	55°	45°	35°
60°	60°	50°	40°

Sovratensione

U_c	Hz	THD _c	U _c Max					
			24 h	8 h	30 min	5 min	1 min	Picco
440 V	50 -60	80%	440 V	490 V	510 V	530 V	575 V	1350 V
480 V			480 V	530 V	560 V	580 V	625 V	1450 V

Il THD_{lc} è un parametro che non esiste nelle norme, non ha nessun significato tecnico. Certi Costruttori si basano sulla propensione al rischio per definirlo!

Condensatori in Azoto

un beneficio per chi realizza, progetta ed installa.

Oltre alla già citata configurazione Trifase, che già di per se porta numerosi vantaggi a livello tecnico e costruttivo, ci preme ora analizzare le reali caratteristiche del Condensatore in Gas di Azoto, comparandolo, benché sia un compito arduo, ad un Condensatore in Resina Monofase.

Dal primo utilizzo da parte di TELEGROUP del primo Condensatore in Gas di Azoto, sono trascorsi circa 13 anni.
Dal 2008 però, abbiamo deciso di focalizzare la nostra produzione sull'utilizzo di questo Condensatore, specialmente nelle applicazioni più critiche:

Oltre 4,5 milioni di kVAR realizzati

Fault?
0,000001 %

Garanzia?
24 MESI

Tecnologia	Vita attesa	Rischio incendio	THDi max	Montaggio	Ecologia	Tossicità	Smaltimento
Trifase isolamento in Gas di Azoto	> 150.000 ore lavorative	Nulla, poichè in caso di incendio, il Gas si disperde senza creare nessun danno agli altri componenti .	≤ 25 % in the Rete	Verticale ed Orizzontale	Totalmente compatibile	ZERO	Facile ed Ecologico
Monofase isolamento in materiali viscosi	≤ 80.000 ore lavorative	Altissimo rischio, in quanto il materiale viscoso, danneggerebbe in maniera irreversibile i componenti del quadro, esponendoli ad un rischio di infiammabilità	≤ 14 – 15 % in Rete	Solo Verticale	Dipende dal tipo di materiale.		

Condensatori

THD (Total Harmonic Distortion)

Il THD è un parametro tecnico assai fondamentale quanto strumentalizzato con grande fantasia a scopi commerciali. Per una corretta scelta di un Sistema Rifasamento Industriale, i THD da tenere in considerazione sono due:

THDi (%)

Distorsione Armonica in **Corrente** sulla Rete di Distribuzione

THDv (%)

Distorsione Armonica in **Tensione** sulla Rete di Distribuzione

Nella maggior parte dei casi, il problema più grande è rappresentato da un alto valore di Distorsione Armonica in Corrente, specialmente in impianti dotati di processi industriali a controllo numerico, saldatrici, linee di imballaggio, dove si possono raggiungere picchi del 60-70% di THDi.

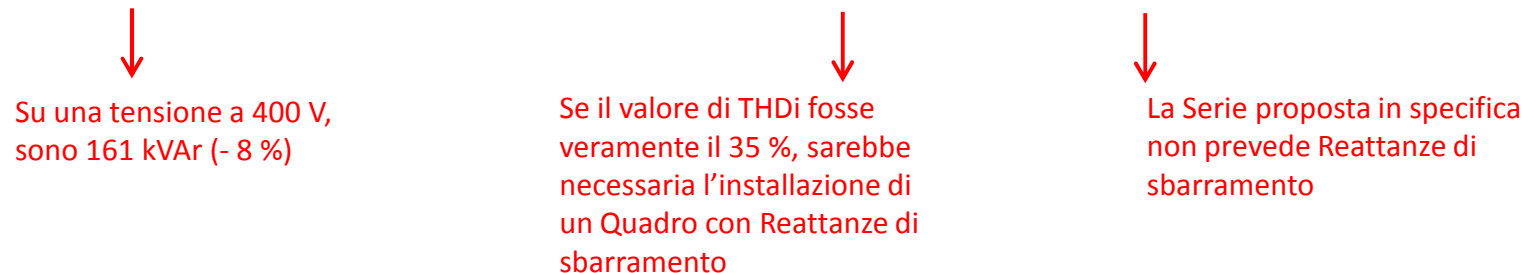
TELEGROUP	THDi <15%	THDi >15%<19%	THDi >19%<25%	THDi >25%
Serie	R40	R46	G44, G48	R48Filter G48Filter
Condensatore Trifase	Condensatori Trifase con isolamento in Resina. Tensione Nominale 440 V Potenza resa a 400 V	Condensatori Trifase con isolamento in Resina, Tensione Nominale 460 V Potenza resa a 400 V	Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto(N2), Tensione Nominale 440 /480 V Potenza resa a 400 V	Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto(N2), Tensione Nominale 480 V + Reattanze di Filtro 189 Hz (altre a richiesta). Potenza resa a 400 V

Rifasamento Automatico

Specifiche Tecniche: due esempi da non imitare

Esempio 1

Fornitura in opera di quadro elettrico per il rifasamento automatico degli impianti da **175 KVAR, 415 V ad inserimento a gradini, THDi 35%, Serie....**



Esempio 2

Quadro Automatico di RIFASAMENTO DA **400kVAR a 440V con reattanza di sbarramento**

- Non si comprende se la Potenza del Quadro è riferita a 400 V (standard italiano) o 440 V
- Se la Tensione di Rete fosse 400 V e il 440 V fosse riferito ai Condensatori, sarebbe notevolmente rischioso, in quanto a valle della Reattanza, teoricamente abbiamo 432 V
- Se la Tensione di Rete fosse 440 V, è evidente che la Tensione dei Condensatori non potrebbe mai essere 440 V.
- **In un Quadro con Reattanze di sbarramento, è assolutamente necessario indicare la potenza alla Tensione di RETE e non alla Tensione dei Condensatori**

Rifasamento Automatico

Specifiche Tecniche....cosa prevedere

Quadro Automatico di Rifasamento 300 kVAr a 400 V, con Reattanze di Filtro 189 Hz (p=7%) e Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto (N2) con Tensione Nominale 480 V

Codice	
Potenza	300 kVAr
Tensione di Rete	400 V
Frequenza	50 Hz
Corrente Nominale	432 A
Condensatori	<p>Condensatori Trifase in polipropilene metallizzato rinforzato, con isolamento in Gas inerte (Azoto N2) aventi le caratteristiche di seguito riportate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensione Nominale 480 V - Tensione di Esercizio 400 V - Frequenza di Esercizio 50 / 60 Hz - Tensione d'isolamento 690 V - Perdite Dielettriche (< 0,2 W/kVAr - Resistenze di scarica / Dispositivo di sicurezza a sovrappressione - Grado di Protezione P20
Reattanze di Filtro	<p>Realizzate in nucleo di lamierino metallico a cristalli orientati, poste in serie tra il Contattori e il Banco di Condensatori, con le seguenti caratteristiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Linearità 1.8 Ip/In - Materiali in Classe H - Sonda interna per sgancio batterie di condensatori in caso di sovratemperatura - Limitazione delle correnti di inrush dei Condensatori - Frequenza di accordo 189 Hz (p=7%), standard per la 5° armonica.
Normative	Quadro: CEI EN 61921, CEI EN 61439 / Condensatori: IEC 60831-1, IEC 60831-2, UL N. 810

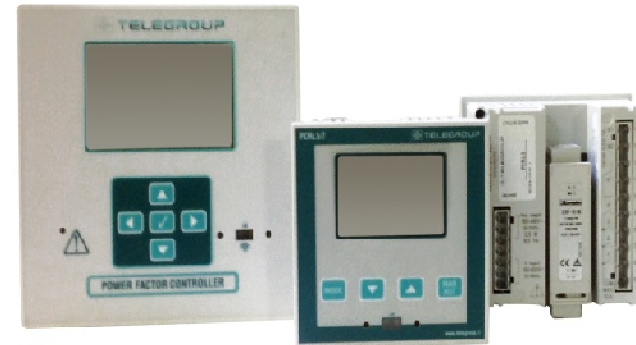
Dispositivo di Controllo Regolatore a Microprocessore

In un Sistema di Rifasamento Automatico, il Regolatore è, insieme ai Condensatori, l'elemento fondamentale, atto alla gestione ed al controllo di tutti gli elementi.

La funzione principale di questo componente, è la verifica dello sfasamento della corrente assorbita dal carico, alla quale simultaneamente si associa l'inserimento o il disinserimento delle batterie di condensatori. Il tutto, finalizzato ad ottenere un Fattore di Potenza prossimo all'unità.

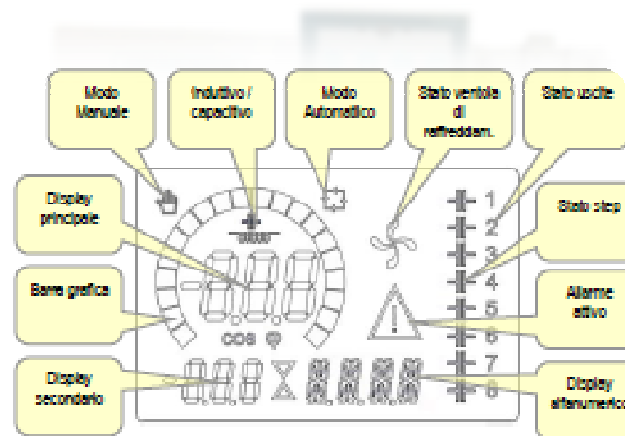
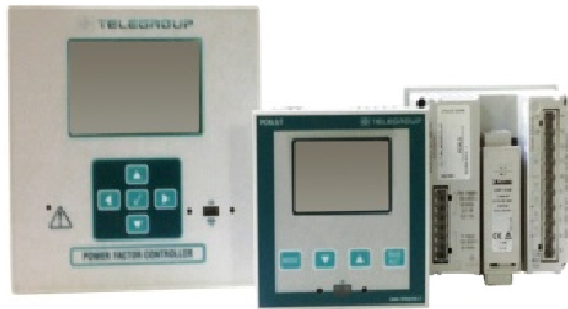
Attraverso il controllo a Microprocessore, i Regolatori della Serie PCRL e PCRJ, sono in grado di effettuare numerose operazioni, tra cui la gestione dell'impiego delle batterie, grazie alla quale si riesce ad ottimizzare sia la funzione che la vita dei Condensatori.

Inoltre è dotato della funzione di riconoscimento del verso della corrente in modo da risolvere un eventuale errore di installazione del TA.



- Display LCD retroilluminato ad icone, con testi disponibili in 6 Lingue (Italiano, Inglese, Francese, Spagnolo, Tedesco, Portoghese)
- PCRL5/7, 5 uscite standard, espandibile fino a 7
- PCRL8/14, 8 uscite standard, espandibile fino a 14
- Interfaccia USB, RS232, RS485 ed Ethernet, con Moduli di Espansione
- Software PCRW per setup e monitoraggio da PC

Dispositivo di Controllo Regolatore a Microprocessore



Caratteristiche Generali...circa 100 parametri programmabili

- Riconoscimento Automatico del senso della corrente
- Funzionamento su 4 Quadranti per Sistemi di Cogenerazione
- Elevata accuratezza delle misure in vero valore efficace (TRMS)
- Vasta gamma di misure disponibili, inclusive di THD di tensione e di corrente con analisi delle singole armoniche fino al 15.mo ordine.
- Utilizzo su linee di Media Tensione attraverso T.V.
- Misura della potenza reattiva installata su ogni gradino
- Programma di manutenzione selezionabile
- Utilizzo omogeneo delle batterie di Condensatori
- Modulo EXP per protezione Condensatori da singole armoniche
- Ingresso di Corrente: collegamento Monofase I A o 5 A (configurabile)
- Grado di protezione frontale IP54
- Temperatura di Lavoro -20 / + 60°C

Dispositivo di Controllo

Regolatore a Microprocessore

Allarmi



Cod.	Descrizione	Abilitazione	Relè allarme	Disconnessione	Ritardo interv.
A01	Sottocompensazione	•	•		15 min
A02	Sovracompensazione	•			120 s
A03	Corrente impianto troppo bassa	•		•	5 s
A04	Corrente impianto troppo alta	•			120 s
A05	Tensione impianto troppo bassa	•	•		5 s
A06	Tensione impianto troppo alta	•	•		15 min
A07	Sovraccarico corrente condensatori	•	•	•	180 s
A08	Temperatura troppo alta	•	•	•	30 s
A09	Microinterruzione	•		•	0 s
A10	THD tensione troppo alto	•	•	•	120 s
A11	THD corrente impianto troppo alto	•	•	•	120 s
A12	Richiesta manutenzione	•			0s
A13	Step difettoso	•	•		0s

Dispositivo di Controllo

Regolatore a Microprocessore

Funzionamento Master-Slave

PCRJ Master



Nel caso di una suddivisione del Banco di Condensatori in più Quadri, il Regolatore PCRJ (Master), è in grado di controllare **fino ad 8 Regolatori** PCRJ (Slaves).

I Regolatori PCRJ (Slaves), riceveranno gli input di inserzione e disinserzione delle batterie di condensatori dal Regolatore PCRJ (Master), mentre il monitoraggio dello stato di ogni singolo Quadro, sarà effettuato dai vari Regolatori PCRJ (Slaves).

I Regolatori della Serie PCRJ, sono in grado di comandare Contattori aventi tensioni ausiliari diverse tra di loro.



Quadri Automatici di Rifasamento Batterie e Gradini (Step)

Quando si parla di un Quadro Automatico, molto spesso viene fatta confusione tra Batterie e Gradini (Step).

Infatti, alcune richieste o domande tipiche possono essere:

“Considerando un Quadro Automatico da 400 kVAR ad 8 gradini, perchè viene utilizzato un Regolatore da 7 gradini?”

“Si necessita di un Quadro di Rifasamento da 100 kVAR a 4 gradini (12,5 – 25 – 25 – 37,5)”

In entrambi i casi, si sta utilizzando il termine “gradini”, in modo errato.

Definizione di Batterie

E' il numero di Batterie di Condensatori, necessarie a realizzare una determinata Potenza.

Ad esempio, per un Quadro Automatico da 400 kVAR, le batterie standard sono:

50 – 50 – 100 – 100 – 100

Definizione di Gradini (Step)

Per Gradini, s'intende il numero di combinazioni che il Regolatore può effettuare per regolare la Potenza del Quadro.

Il Regolatore “muove” le varie Batterie, in funzione della prima Batteria.

Infatti, in un Quadro di Rifasamento Automatico, il numero dei Gradini (combinazioni), è dato dalla Potenza totale del Quadro, diviso la potenza della prima Batteria.

Ad esempio, per un Quadro Automatico da 400 kVAR, con batterie standard 50 – 50 – 100 – 100 – 100, il numero dei gradini è 8, perché:

Potenza Totale del Quadro 400 kVAR

Potenza della Prima Batterie 50

$$400/50 = 8$$

Il numero dei gradini, non ha nessuna relazione con il numero delle Batterie, ne tantomeno con il numero delle uscite del Regolatore.

Quadri Automatici di Rifasamento Batterie e Gradini (Step)

Esempi

Esempio I

Quadro Automatico di Rifasamento da 400 kVAR:

Batterie TELEGROUP

50 – 50 – 100 – 100 – 100

Batterie richieste

50 – 50 – 50 – 50 – 50 – 50 – 100

Batterie TELEGROUP

50 – 50 – 100 – 100 – 100

Benefici? ZERO

Perché? Il numero dei Gradini (combinazioni), è **sempre 8**, poiché il numero dei Gradini, non varia con il numero delle Batterie

Svantaggi? incremento del costo del Quadro

Perché? Cambio del Regolatore, cambio del cabinet, aggiunta del numero di dispositivi per l'inserzione (Contattori o Tiristori)

Esempio 2

Quadro Automatico da 400 kVAR con Batterie:

12,5 – 12,5 – 25 – 50 – 100 – 100 – 100

Ad una prima impressione, anche in riferimento a quanto spiegato sopra, questa potrebbe sembrare una soluzione tecnica ottimale, ma non è così, perché?

Il Regolatore del Quadro di Rifasamento da 400 kVAR con una prima Batteria da 12.5 kVAR, sarà in grado di “muoversi” su 32 Gradini (400/12.5).

Su una potenza così grande, è tecnicamente svantaggioso avere una batteria così piccola, in quanto il Regolatore muoverà la potenza ogni 12.5 kVAR e di conseguenza, i Contattori ed i Condensatori si inseriranno e disinseriranno continuamente, riducendo notevolmente la loro vita.

Perché?

Perché un Quadro di questa potenza è usualmente al servizio di un impianto medio-grande che per almeno 8-16 ore al giorno lavorerà al 100 % del carico.

Se durante la notte o i periodi di fermo, all'interno dell'impianto saranno comunque presenti pochi kW per illuminazione, sorveglianza ecc...essi non influiranno sul computo medio mensile di consumo, perché l'Energia Reattiva viene addebitata sul consumo medio in F1 ed F2.

Per la Fascia notturna F3, l'Energia Reattiva non viene addebitata.

Quadri Automatici di Rifasamento Dispositivo di Sezionamento

Sezionatore

Il Sezionatore rappresenta il dispositivo di protezione generale del Quadro e, come da Norma CEI EN 61921, deve essere dimensionato 1,4 volte la corrente nominale del Quadro stesso.

TELEGROUP, adempiendo totalmente alla normativa vigente, dimensiona i propri Sezionatori per circa 1,5 volte la corrente nominale del Quadro.

500 kVAr = 720 A

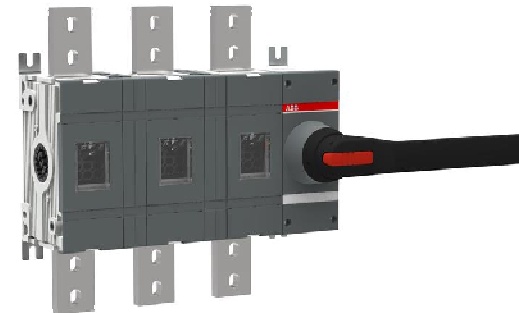
Sezionatore = $720 \text{ A} \times 1,5 = 1080 \text{ A}$

Sezionatore installato = 1000 A (1,4 volte la corrente nominale)

In ogni caso, la linea dedicata all'installazione del Quadro di Rifasamento, deve essere sempre protetta attraverso un Interruttore Automatico Magnetotermico opportunamente dimensionato.

Sezionatore con Fusibili

L'installazione di un Sezionatore con Fusibili per la protezione di un Quadro di Rifasamento, è sconsigliata a causa delle elevate e frequenti correnti di picco, che pregiudicano il contatto elettrico tra il Fusibile e le pinze di contatto.



Quadri Automatici di Rifasamento

Dispositivo di Sezionamento

Scelta

Come selezionare un interruttore-sezionatore:

- 1) Deve avere una tensione nominale almeno uguale alla massima tensione del sistema;
- 2) La corrente nominale deve essere almeno uguale al valore della corrente di intervento del relè di massima corrente dell'interruttore a monte; gli interruttori di manovra-sezionatori combinati con fusibili devono avere una corrente nominale maggiore o uguale della minima corrente di interruzione nominale del fusibile;
- 3) Corrente nominale di breve durata almeno uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione e durata almeno uguale al tempo di interruzione dei dispositivi di protezione contro cortocircuito a monte;
- 4) Potere di chiusura in cortocircuito almeno uguale alla massima corrente di picco nel punto di installazione.

Quadri Automatici di Rifasamento

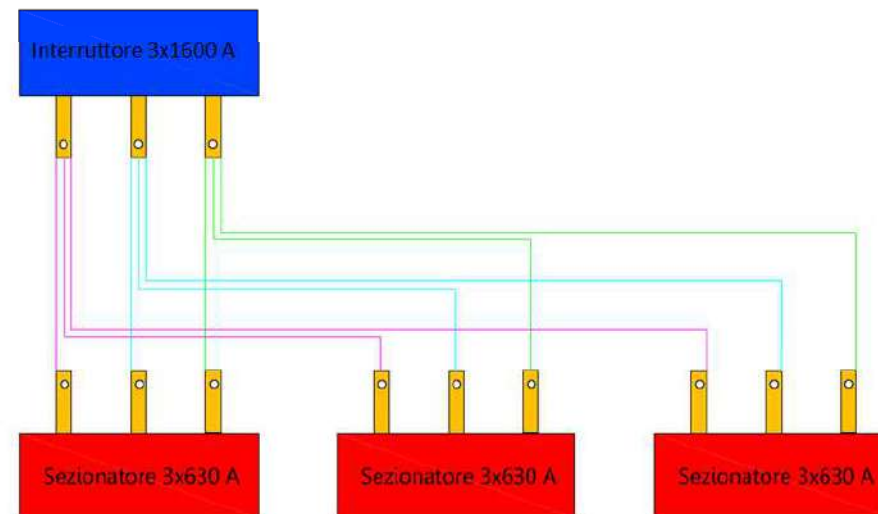
Dispositivo di Protezione Generale

più colonne...più sezionatori

I Quadri Automatici di Rifasamento con potenza superiore a 500 – 600 kVAr (in base alle tipologie), per una questione di spazi, sono normalmente realizzati in più colonne.

Sarebbe buona norma installare un singolo Sezionatore a protezione di tutto il Quadro ma, a causa delle alte correnti che si possono raggiungere, è più conveniente economicamente installare un Sezionatore a protezione di ogni colonna.

Nella realizzazione di un Quadro Automatico di Rifasamento con più Sezionatori a protezione di più colonne, è necessario però tener conto di alcuni parametri che poi si ripercuoteranno in fase d'installazione.



Quadri Automatici di Rifasamento

Scelta del dispositivo di manovra

Quando il Contattore?

Il Contattore, è particolarmente indicato per carichi che possano accettare un tempo d'inserzione di circa 15 – 20 secondi.

E' il dispositivo di manovra sicuramente più utilizzato, sia per le tipologie di carico che non sempre necessitano di un'inserzione rapida, sia per un fattore puramente economico, in quanto un Quadro Automatico con inserzione a Contattori, ha un costo notevolmente inferiore rispetto ad un'inserzione attraverso Moduli Tiristori.

Essendo un dispositivo totalmente elettromeccanico, è dotato di grande robustezza ma comunque soggetto a manutenzione nel tempo, la quale varia in funzione del numero di manovre effettuate.

Quando il Tiristore?

Saldatrici Industriali, Appuntatrici, Presse Idrauliche, Impastatrici, Ribobinatrici... sono solo alcuni esempi in cui è necessaria un'inserzione ultra rapida.

Vantaggi?

- **Manutenzione ridotta se non assente;**
non essendoci organi meccanici in movimento, la manutenzione è assai meno frequente rispetto all'uso di contattori. Il picco di corrente del transitorio di inserzione, all'inserimento dei condensatori è ridotto al minimo. Indicato per impianti in cui il quadro di rifasamento è chiamato ad effettuare un numero di manovre molto elevato o dove ci sono apparecchiature particolarmente sensibili alle sovracorrenti/sovratensioni transitorie.
- **Manovre di inserzione/disinserzione ad altissima velocità;**
la potenza reattiva disponibile può essere inserita/disinserita in circa 60ms. Normalmente l'uso di contattori elettromeccanici tradizionali sarebbe sconsigliato proprio per l'alto numero di manovre.
- **Silenziosità**
non essendoci componenti meccanici in movimento, i quadri di rifasamento ad inserzione statica sono particolarmente indicati per le applicazioni che prevedono l'installazione in prossimità di ambienti dove è richiesta la minima rumorosità (banche, CED, teatri, cinema, biblioteche, scuole, uffici, etc)

Quadri Automatici di Rifasamento

Comando delle Batterie di Condensatori

Contattore

Il Condensatore o la Batteria di Condensatori normalmente è manovrata da un Contattore, il quale deve essere scelto in maniera da poter funzionare correttamente; più precisamente il contattore deve essere dimensionato in modo da:

- portare, permanentemente, una corrente pari alla I_{cmax} del banco di condensatori
- sopportare senza essere danneggiato la corrente di picco all'inserzione dei condensatori. Inoltre il contattore deve essere protetto contro il cortocircuito dal dispositivo di protezione.

Sono utilizzati contattori specifici per carichi capacitivi, equipaggiati di resistenze di pre-inserzione, per limitare le sovracorrenti che si verificano all'atto dell'inserzione di una batteria di condensatori .

L' inserzione anticipata, rispetto alla chiusura dei contatti principali del contattore, ha la funzione di:

- evitare che il contattore si incolli.
- evitare che i condensatori si danneggino.



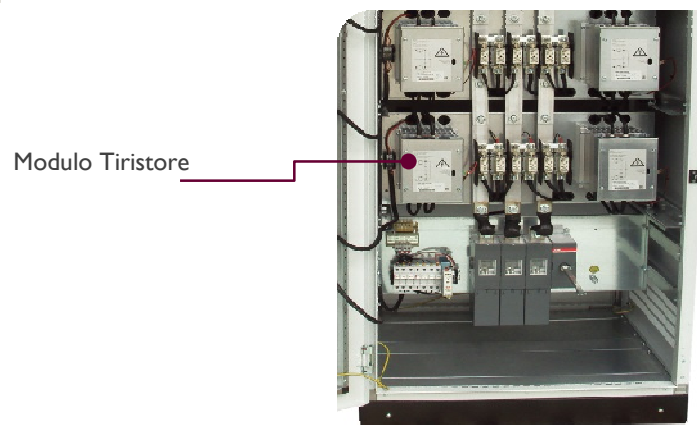
Quadri Automatici di Rifasamento

Comando delle Batterie di Condensatori

Modulo Tiristore

Il notevole sviluppo dell'elettronica di potenza, sta favorendo l'uso, dei TSC (Thyristor Switched Capacitors).

Esso rappresenta una versione «elettronica» all'interno dei Sistemi di Rifasamento, basati essenzialmente su componenti elettromeccanici, nei quali l'inserzione dei vari condensatori non avviene attraverso l'apertura e la chiusura di Contattori, ma attraverso il controllo fornito da coppie di Tiristori.



Il Tiristore è l'organo di regolazione intrinseco in un Modulo per inserzione statica e lavora in linea di principio come interruttore elettronico che adempie un processo di commutazione in ogni semionda della rete di alimentazione.

Vengono “innescati” attraverso un impulso di comando al gate; la corrente fluisce fino a quando il suo valore non va sotto al valore della corrente di mantenimento (holding current), cosa che nei circuiti a corrente alternata corrisponde al passaggio per lo zero di una delle due semionde della rete.

Il Modulo è composto da due Tiristori per fase (uno per la semionda positiva, l'altro per la semionda negativa) collegati in antiparallelo.

Massima velocità nell'inserzione delle batterie di condensatori (< 1 sec), nessuna corrente di picco sui condensatori durante la fase di inserzione delle batterie, nessuna tensione di picco sui condensatori durante la fase di disinserzione delle batterie, eliminazione dei problemi connessi all'usura dei contatti dei contattori tradizionali, massima silenziosità, manutenzione ridotta maggior durata dei condensatori.

Quadri Automatici di Rifasamento

Rifasamento Automatico ad inserzione statica per Ribobinatrice

La Ribobinatrice, è una macchina adibita alla trasformazione, taglio e riavvolgimento, della “bobina madre” in “bobine figlie”.

Il nostro Cliente, è un produttore che vanta 35 anni di esperienza nella produzione di bobine per cartone ondulato e scatole per imballaggi.

L'Azienda è dotata di una Ribobinatrice, operativa 24 ore al giorno, 365 giorni all'anno.

Le caratteristiche di funzionamento della Ribobinatrice, seppur vitali per il ciclo produttivo aziendale, comportano numerosi svantaggi a livello Elettrico ed Energetico, poiché durante la fase di massima spinta, ovvero nei 6 minuti in cui viene realizzata una “bobina figlia”, si riscontrano valori di THD, sia in Tensione che in Corrente, molto elevati. Sono state misurati picchi di Tensione fino a 630 V.

Abbiamo realizzato un Quadro di Rifasamento Automatico con Potenza 250 kVAR ad inserzione statica, dotato di Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto Tensione 690 V e Reattanze di Filtro speciali (a causa dell'alto THDv).

RIBOBINATRICE												
V12_Avg	V23_Avg	V31_Avg	freq_Avg	I1_Avg	I2_Avg	I3_Avg	dpf3li+_Avg	dpf2li+_Avg	dpf23i+_Avg	thdV12_Avg	thdV23_Avg	thdV31_Avg
406,7	407,4	408,6	50,0	83,7	82,1	85,0	0,9	0,9	0,9	3,9	3,8	4,0
390,3	396,7	394,4	50,0	451,8	425,4	464,1	0,7	0,7	0,7	10,3	9,0	8,6
391,2	397,4	395,4	50,0	421,1	392,6	431,6	0,7	0,8	0,8	9,5	8,5	7,9

RIBOBINATRICE											
thdI1_Avg %	har05I1_Avg	har07I1_Avg	har11I1_Avg	thdI2_Avg %	har05I2_Avg	har07I2_Avg	har11I2_Avg	thdI3_Avg %	har05I3_Avg	har07I3_Avg	har11I3_Avg
34,1	44,7	36,5	5,2	38,1	42,7	35,2	4,4	38,8	50,5	38,5	5,1
32,6	38,8	33,6	6,5	36,6	37,1	32,1	5,4	37,3	44,3	35,2	6,3
28,6	114,1	10,4	26,8	29,6	110,1	13,7	26,8	27,6	115,4	10,3	26,4
35,5	103,4	28,1	9,1	40,0	105,8	29,2	11,1	37,2	109,7	28,4	10,1

Quadri Automatici di Rifasamento

Casi particolari

Rifasamento in presenza di impianto Fotovoltaico

L'installazione di un Sistema Fotovoltaico offre senza dubbio una serie di notevoli vantaggi presso gli Utilizzatori Finali, specialmente le Industrie, i quali saranno in grado di produrre autonomamente una parte o la totalità del proprio fabbisogno di Energia Attiva, riducendo o cessando del tutto il prelievo dalla Rete di Distribuzione.

Nonostante l'Energia Attiva venga prodotta «in loco», gli Utilizzatori Finali, in base alle tipologie di carico, continueranno comunque a prelevare Energia Reattiva dalla Rete di Distribuzione e questo può comportare un vertiginoso abbassamento del Cosphi.

Facciamo riferimento ad un caso che abbiamo affrontato a Luglio 2015, dove un Cliente Finale, a seguito dell'installazione di un Sistema Fotovoltaico per la propria Industria, è divenuto soggetto al pagamento della penale per eccessivo consumo di Energia Reattiva.



Dati dell'impianto prima del Fotovoltaico

Potenza Disponibile: 600 kW
Potenza Consumata: 490 kW
Energia Attiva: 78.400 kWh/mese
Energia Reattiva: 35.280 kWh
Cosphi: 0,91

Potenza Fotovoltaico: 350 kW

Situazione post-Fotovoltaico

Energia Attiva: 22.400 kWh
Energia Reattiva: 35.280 kVARh
Cosphi: 0,53

Il Cliente, sta prelevando dalla Rete una Potenza Attiva di circa 140 kW, contro i 350 kW prodotti dal fotovoltaico.

Pertanto, in rapporto con il consumo di Energia Reattiva, il cosphi ha raggiunto un valore tale da far divenire il Cliente soggetto a penalità.

Pertanto, al fine di riportare il Cosphi da un valore di 0,53 ad un valore $> 0,95$ su una potenza attiva di 140 kW (quella prelevata dalla rete), è necessaria una Potenza Reattiva di 178 kVAR.

Abbiamo realizzato un Quadro di Rifasamento Automatico con Potenza 200 kVAR, dotato di Condensatori Trifase con isolamento in Gas di Azoto, Serie G44.

Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Fonti

Se nel passato poteva non essere necessario effettuare valutazioni relativamente alla presenza di armoniche negli impianti utilizzatori, oggi la situazione è totalmente mutata.

Qualunque carico non lineare che include commutazioni, genera armoniche sulla rete di distribuzione.

L'introduzione massiccia e crescente di carichi non lineari a spettro discreto (convertitori statici di potenza: inverter, raddrizzatori, azionamenti a velocità variabile, Server, HVAC, UPS non a IGBT, ecc.) o anche a spettro continuo (azionamenti DC, saldatrici, forni ad arco, ecc.) ha modificato completamente lo scenario impiantistico industriale, producendo da un lato un grande beneficio in termini di produttività, affidabilità e resa, ma ponendo il progettista in condizione di dover necessariamente tener conto di parametri prima trascurati.



Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Quando si parla di armoniche nelle reti elettriche o negli impianti, si considerano le armoniche di corrente, poiché le armoniche hanno origine proprio come correnti (Teorema di Fourier), e la maggior parte degli effetti negativi è dovuta a queste.

Quando le armoniche si propagano in un sistema di distribuzione, ovvero interessano circuiti non previsti per trasportarle, lo fanno in forma di tensione. E' quindi importante che vengano misurate sempre sia la tensione sia le correnti.

Esempio

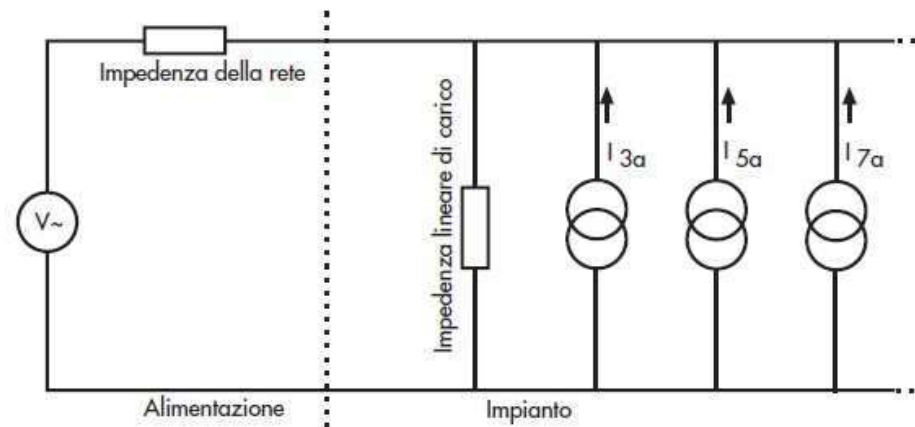
se l'impedenza di rete è molto bassa, la distorsione della tensione risultante dal passaggio di una corrente armonica è pure bassa.

Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Come si generano?

In un semplice circuito contenente solo carichi lineari (resistenze, induttanze e capacità) la corrente che fluisce è sempre proporzionale alla tensione applicata (ad una certa frequenza: 50 o 60 Hz).

Quando invece il carico è non lineare (ad esempio un alimentatore switching) la corrente non è mai proporzionale alla tensione applicata e la sua forma d'onda sarà sempre diversa a seconda del tipo di carico applicato.



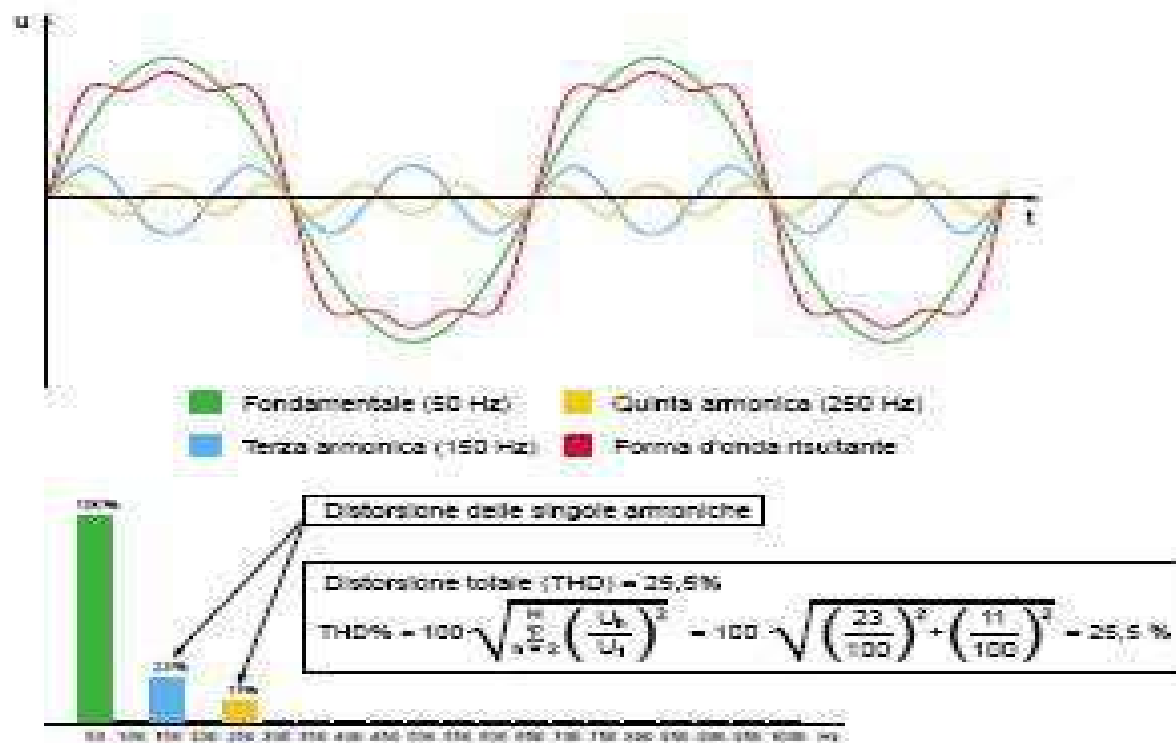
Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Fondamenti Teorici

Il parametro utilizzato per determinare il livello di distorsione armonica presente in una rete elettrica è il

THD% (Total Harmonic Distortion):

$$\text{THD\%} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1}$$

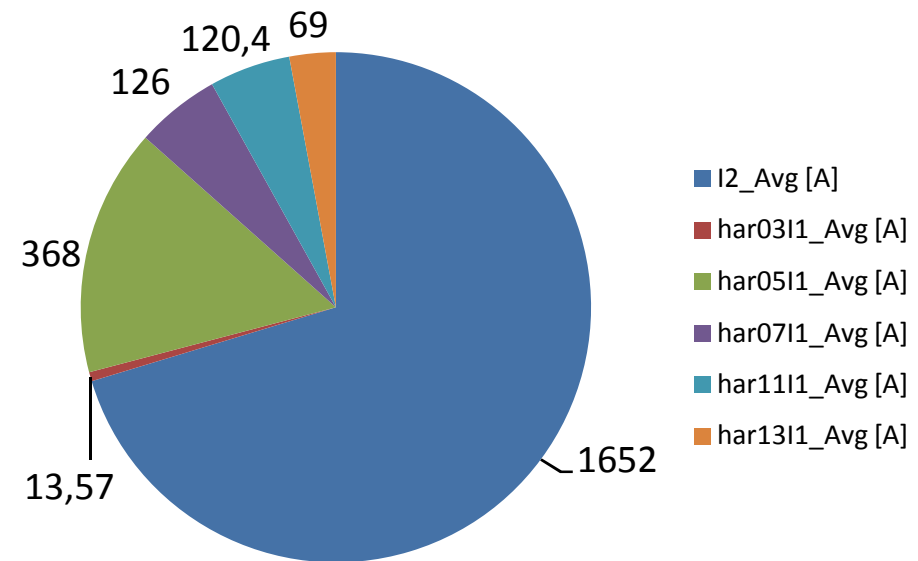


Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Corrente Fondamentale e Correnti Armoniche

har01I1_Avg [A]	har03I1_Avg [A]	har05I1_Avg [A]	har07I1_Avg [A]	har11I1_Avg [A]	har13I1_Avg [A]
1652	13,57	368	125,8	120,3	69,45

ARMONICHE	VALORE %	THDI %
3	0,82	25,5
5	22,80	
7	7,60	
9	0,00	
11	7,30	
13	4,20	
17	0,00	

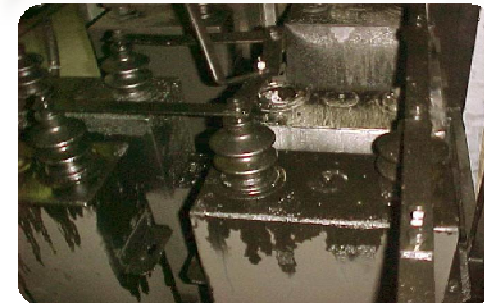


Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Effetti

La presenza di armoniche nella rete elettrica è sempre causa di malfunzionamenti delle apparecchiature ed influisce su tutti i fenomeni legati all'aumento di frequenza:

- sovraccarichi nel conduttore di neutro;
- aumento delle perdite per effetto Joule e per effetto Pelle nei cavi;
- aumento delle perdite per isteresi e per correnti parassite nel ferro dei trasformatori e dei motori;
- interventi intempestivi degli interruttori automatici;
- diminuzione della reattanza capacitiva con conseguente aumento della corrente nei condensatori, i quali possono danneggiarsi o addirittura entrare in risonanza.



Rifasamento in presenza di Armoniche

Perché filtrare?

In presenza di un elevato contenuto armonico in Rete (THD), è assolutamente sconsigliato, tecnicamente errato e «fuori norma», installare un Banco di Condensatori non opportunamente Filtrato.

Filtrare un Banco di Condensatori....

- E' prescritto dalla Norme **EN61921, EN60831, EN 61642**
- Evita il fenomeno della Risonanza
- «Protegge» i Condensatori dalle Armoniche, aumentandone la vita

Rifasamento in presenza di Armoniche

Condensatori sottoposti a sovraccarichi?

E' necessario filtrare, lo dicono le normative

EN61921, EN60831, EN 61642

EN61921 5.4.4

I condensatori non devono mai funzionare con correnti superiori al valore massimo specificato nell'art. 21.

EN60831 Art. 21

«I condensatori devono poter funzionare a regime ad un valore di corrente superiore del 30% della loro corrente nominale (a causa delle armoniche);

È ammessa una tolleranza fino al 10% sul valore di capacità fino a 100kVAR e fino al 5% oltre i 100 kVAR. Pertanto la corrente massima che possono assorbire permanentemente è circa **1,4 volte la loro corrente nominale.**»

Se la corrente del condensatore supera il valore massimo specificato nell'art. 21, mentre la tensione è compresa nel limite consentito di $1,10 U_N$, indicato nell'art. 20, si deve determinare l'armonica predominante per trovare il miglior rimedio.

Possono essere prese in considerazione le seguenti soluzioni:

- a) lo spostamento di alcuni o di tutti i condensatori in altri punti dell'impianto;
- b) il collegamento di un reattore in serie col condensatore, per ridurre la frequenza di risonanza del circuito ad un valore inferiore a quello della frequenza dell'armonica perturbatrice;

Rifasamento in presenza di Armoniche

Soluzioni...non soddisfacenti

Aumentare la tensione nominale dei condensatori?



se c'è una risonanza tra il condensatore e l'induttanza di linea il problema non viene risolto;

i Condensatori soffrono maggiormente una sovracorrente piuttosto che una sovratensione.

Aumentare la corrente dei condensatori o dividere la capacità del banco su più condensatori?



si riduce la sovracorrente sui condensatori, ma se c'è una risonanza questo accorgimento non è efficace problema non viene risolto;

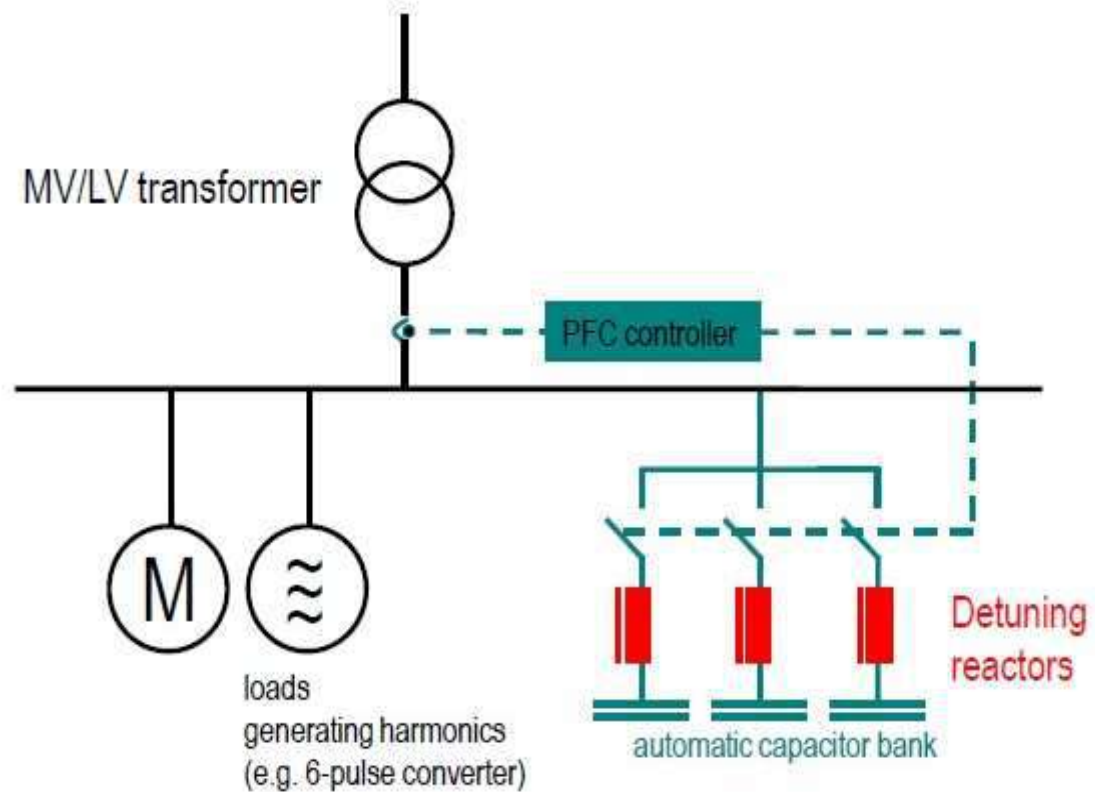
I condensatori soffrono maggiormente una sovracorrente piuttosto che una sovratensione.

CEI EN 61642: Esempio di risonanza parallelo: applicazione reattanze di sbarramento

L'unica soluzione per evitare i problemi di risonanza è di mantenere la frequenza di risonanza il più distante possibile dalle frequenze armoniche che hanno ampiezze considerevoli.

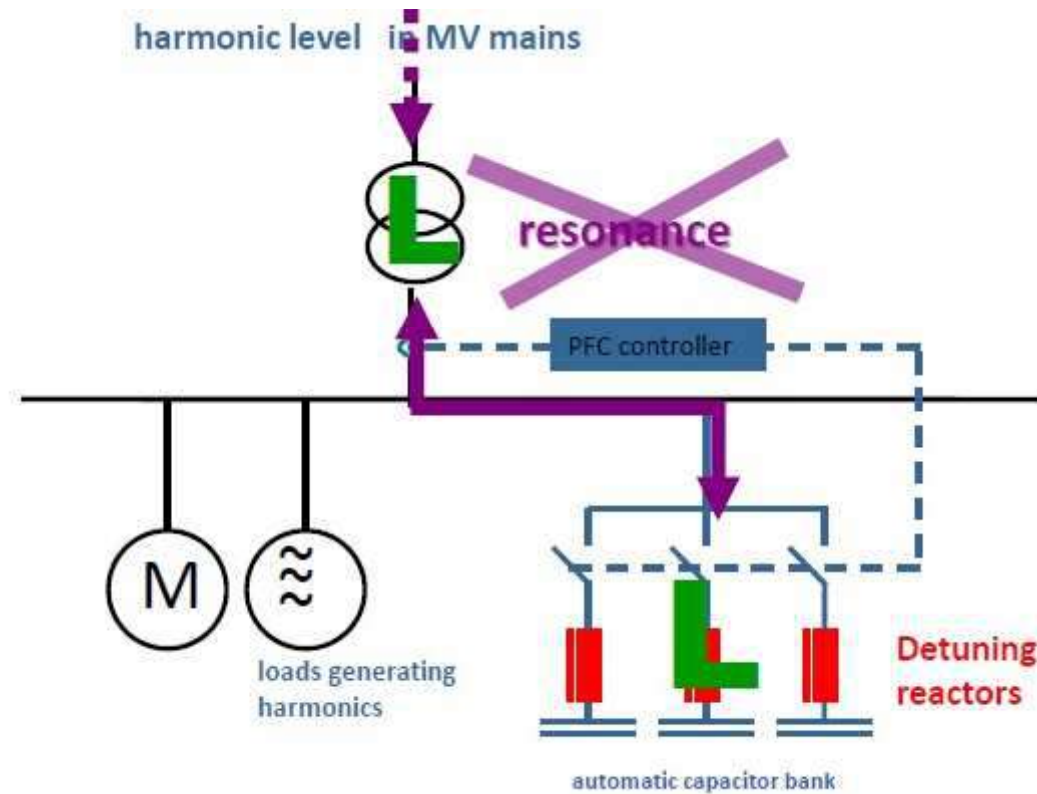
Si collega dunque un reattore in serie col condensatore accordati ad una frequenza di risonanza inferiore alla più bassa frequenza delle tensioni e delle correnti armoniche della rete. Sopra la frequenza di accordo l'impedenza della connessione reattore-condensatore risulta essere induttiva. Dunque l'interazione dell'induttanza della rete e dell'impedenza induttiva della connessione reattore-condensatore non può più creare condizioni di risonanza alle frequenze delle tensioni e delle correnti armoniche presenti sulla rete.

Rifasamento in presenza di Armoniche L'unica Soluzione



Rifasamento in presenza di Armoniche

Effetti del «Detuning»



Rifasamento in presenza di Armoniche Reattanze di sbarramento

Il grado di induttanza «p»

$$p = \frac{X_L}{X_C} \cdot 100$$

La frequenza di risonanza serie tra condensatore e reattanza di sbarramento è:

$$f_r = f_n \cdot \sqrt{\frac{100}{p}}$$

La reattanze di sbarramento sono realizzate in alcune taglie standard, cui corrispondono, in base alla frequenza, diverse **frequenze di risonanza**



Reattanze di sbarramento

Frequenza di risonanza in funzione di «p» e della frequenza di Rete «fn»

Grado di induttanza p	Frequenza di risonanza fr per fn=50Hz	Frequenza di risonanza fr per fn=60Hz
5,67 %	210 Hz	252 Hz
7 %	189 Hz	227 Hz
14 %	134 Hz	160 Hz

CEI EN 61642: Esempio di risonanza parallelo

Con l'applicazione della reattanza di sbarramento si nota come non si ha più amplificazione di tensione e di corrente ($I_C/I_{CN}=1,02$) e inoltre **il fattore di distorsione sulle sbarre di carico è sceso dal 9,8 % al 3,5 %**

Tab. 3 Numerical results of impedances, voltages and currents at characteristic harmonic orders of a series resonance circuit with a capacitor-reactor-connection in a network with distorted supply voltage

h	X_T Ω	$X_C + X_L$ Ω	Z Ω	U_A V	U_A (%) %	I_C A	U_B V	U_B (%) %
1	0,010	-1,000	0,990	400,0	100,0	233	404	101,0
5	0,048	0,161	0,212	12,0	3,0	33	9	2,3
7	0,067	0,373	0,443	9,6	2,4	13	8	2,0
11	0,106	0,730	0,840	6,0	1,5	4	5	1,3
13	0,125	0,896	1,026	4,8	1,2	3	4	1,0
17	0,163	1,216	1,386	2,4	0,6	1	2	0,5
19	0,182	1,374	1,563	1,9	0,5	1	2	0,4

DF (A) % = 4,4

DF (B) % = 3,5

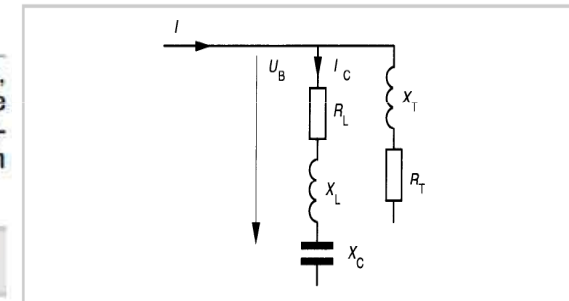
$$R_T = X_T / Q_T = X_T / 8$$

$$R_L = X_L / Q_L = X_L / 30$$

(semplificato_simplified)

$$I_{C,eff} = 236 \text{ A}$$

$$I_C / I_{CN} = 1,02$$



Stima dell'ordine di armonica prossimo alla condizione di risonanza



Trasformatore da 1000 kVA con 6% di tensione di cortocircuito

- 350 kvar potenza reattiva connessa

$$O_r = \sqrt{\frac{\text{KVA}_{sc}}{\text{kvar}}} = \sqrt{\frac{1000\text{KVA}/0.06}{350\text{kvar}}} = \mathbf{6.9}$$

- avremo risonanza appross. a $6.9 \times 50 = 345$ Hz, vicino dunque alla 7a armonica !

Rifasamento in presenza di Armoniche

Condensatori: quale Tensione Nominale scegliere?

1 *Si deve evitare di adottare un eccessivo margine di sicurezza nella scelta della tensione nominale U_N in quanto ciò comporterebbe una diminuzione di potenza rispetto alla potenza nominale.*

U_c = Tensione ai capi del condensatore

U = Tensione di Rete

P = Grado di induttanza

$$U_c = \frac{U}{1 - p} 100$$

Se la Tensione di Rete (U) è pari a 400 V e $p = 7\%$, allora la U_c ai capi del Condensatore sarà circa 430 V!

TELEGROUP, per una maggiore sicurezza, utilizza Condensatori Trifase con Tensione di 480 V

ATTENZIONE!!!

Per questi valori, non è assolutamente necessaria l'installazione di Condensatori aventi Tensione Nominale 500 o 550 V.

Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Sistemi di Filtraggio

Nel caso in cui le soluzioni preventive si rivelino insufficienti nel contenere il contenuto armonico in una rete elettrica può essere necessario l'utilizzo di appositi dispositivi di filtraggio delle armoniche:

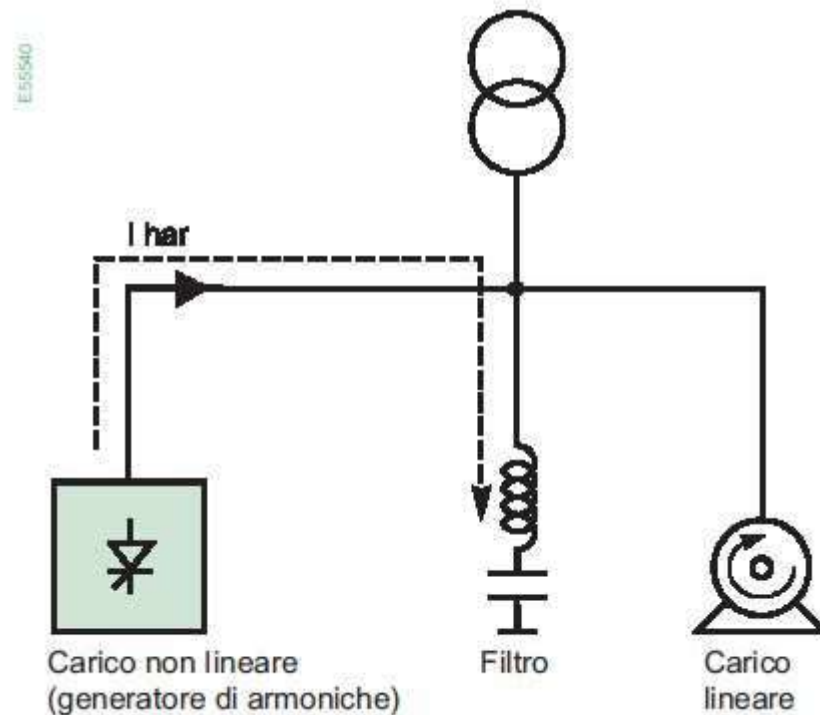
➤ **filtri passivi** [indicati quando la somma dei carichi non lineari (inquinanti) è ≥ 200 kW]

➤ **filtri attivi** [indicati quando la somma dei carichi non lineari (inquinanti) è ≤ 200 kW]

➤

Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Filtri Passivi



Compito del filtro è ridurre l'ampiezza della corrente armonica di ritorno verso la rete e di conseguenza la relativa distorsione di tensione.

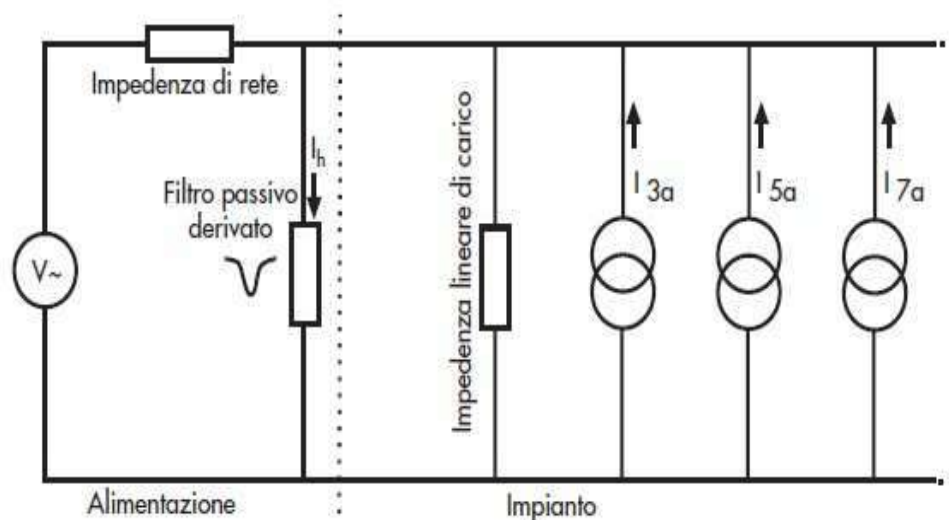
Filtro passivo: è ottenuto inserendo in un punto della rete un bipolo induttore-condensatore dove l'induttanza ed il condensatore sono opportunamente dimensionati in modo da avere una f_r pari all'ordine di armonica di corrente che si vuole eliminare.

Un filtro passivo quindi è composto da un condensatore collegato in serie ad un induttore (circuito LC serie) ed "accordato" su una particolare armonica da filtrare.

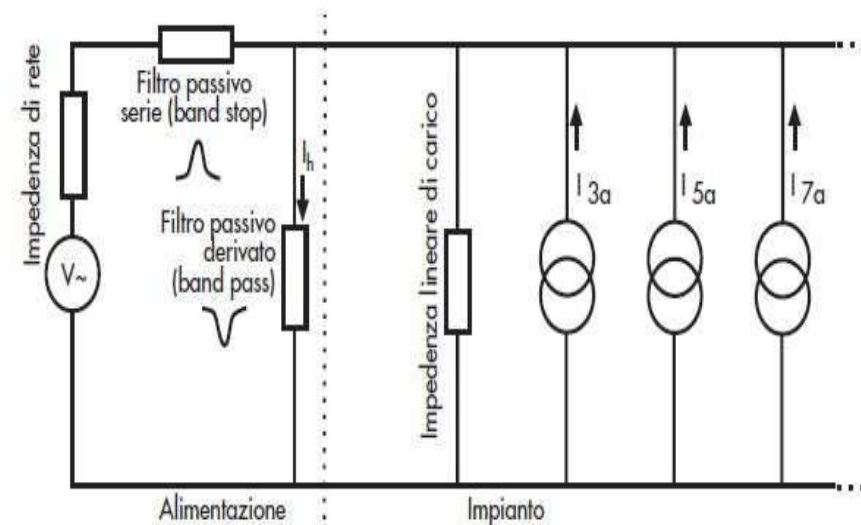
Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Filtri Passivi

Un filtro passivo può essere progettato per una singola armonica o per una banda larga secondo le richieste. Di seguito i modelli di un filtro parallelo e di un filtro serie e parallelo:



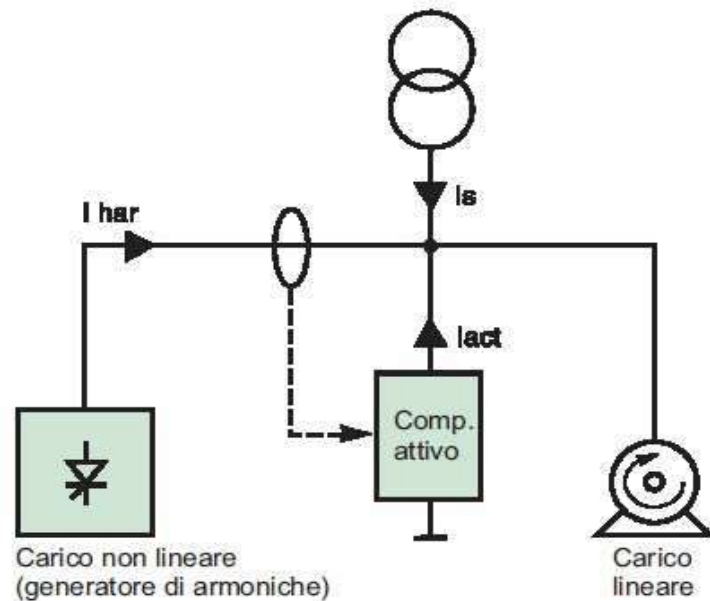
Filtro passivo parallelo



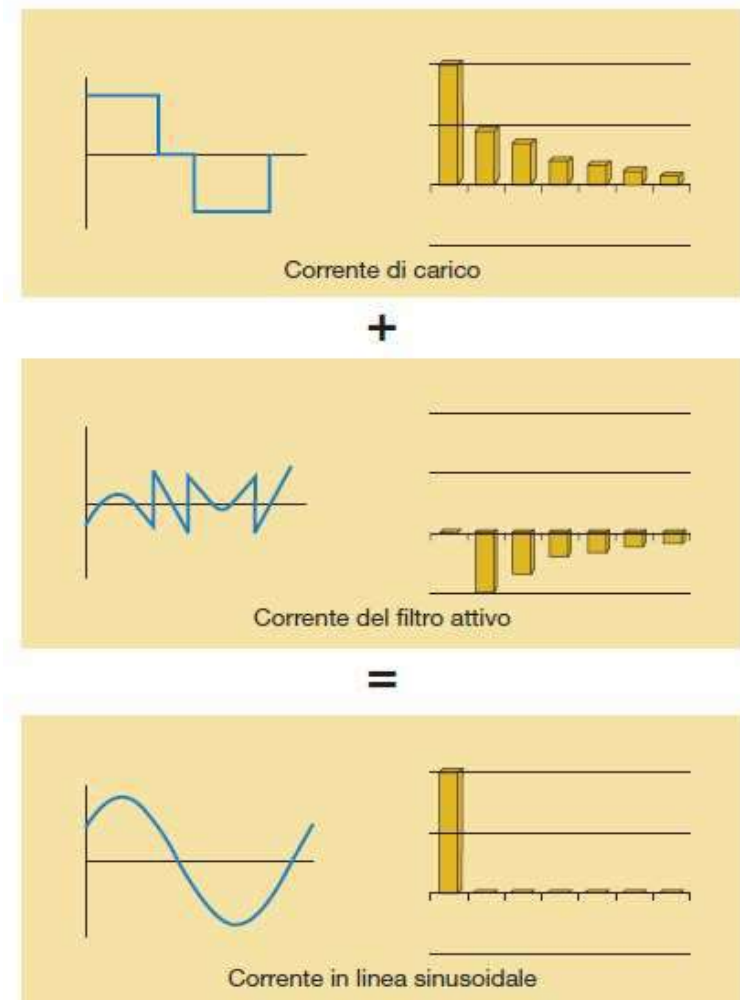
Filtro passivo serie-parallelo

Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Filtri Attivi (AHC)

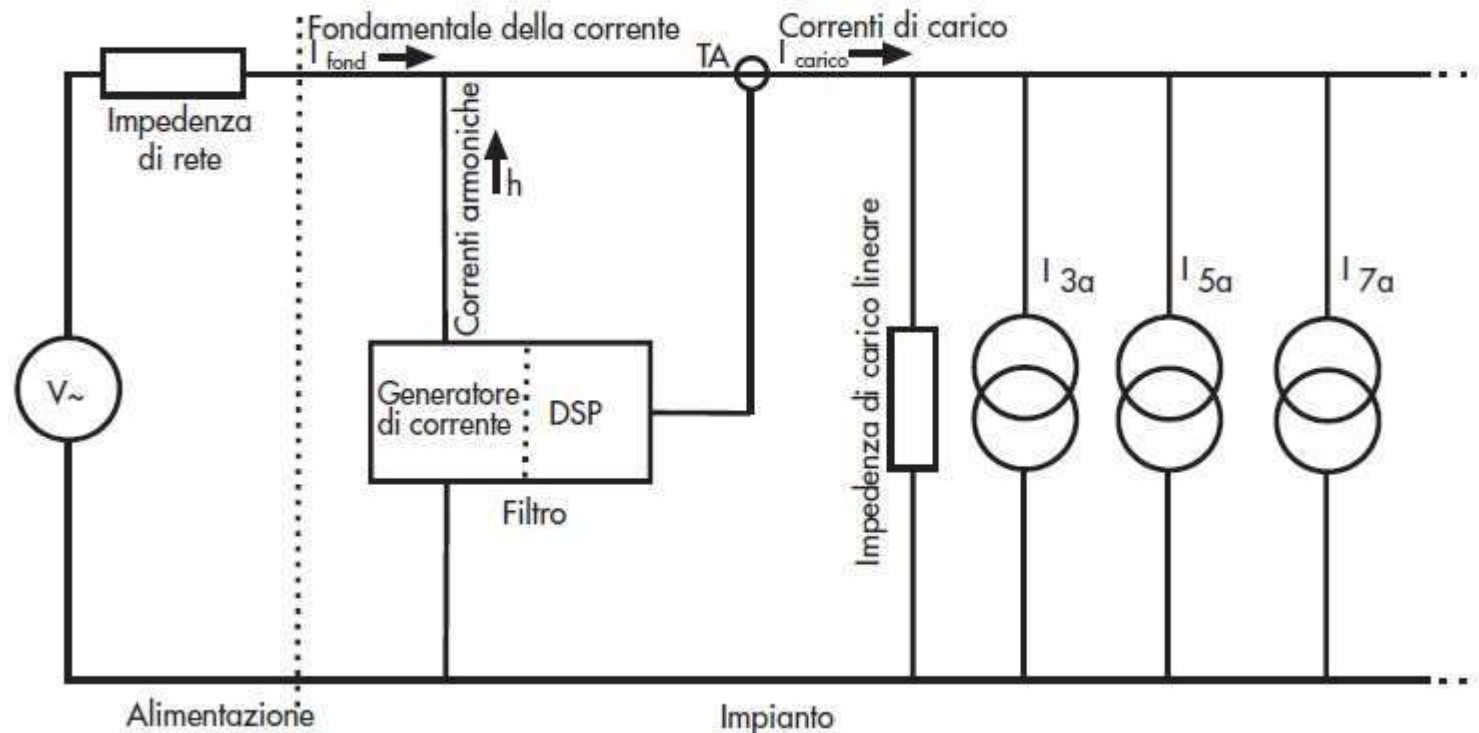


Filtro attivo: è un generatore di armoniche (sfruttando la tecnologia elettronica di potenza), ed è in grado di eliminare automaticamente le armoniche di corrente presenti in rete entro una vasta gamma di frequenze.



Le Armoniche nelle Reti Elettriche

Filtri Attivi (AHC)



Compito del filtro è iniettare continuamente le correnti armoniche assorbite dal carico. Il risultato è che la corrente fornita dalla rete rimane sinusoidale. Essendo formalmente un generatore di corrente, il filtro limita automaticamente la relativa corrente al livello massimo (non può essere sovraccaricato!)

Grazie per la Vostra gentile attenzione

TELEGROUP S.r.l.

Via Leonardo Da Vinci, 100
50028, Tavarnelle Val di Pesa Loc. Sambuca
Firenze – Italy

T. +39 055 80 71 267

F. +39 055 80 71 338

Mail. telegroup@telegroup.it

Web www.telegroup.it archivar.telegroup.it