Gruppo BPE
Beam Power Energy

FILTRO A RISPARMIO DI ENERGIA

ECONELEC ®

aener
energia

BPE Beam Power Energy
distributore esclusivo per l'Italia

Introduzione alle Reti Inquinate

Il progresso tecnologico, ha diffuso sul mercato elementi elettronici di sempre maggiori prestazioni e minore dimensione. Tale riduzione nelle dimensioni dei dispositivi, ha fatto sì che le sorgenti di alimentazione di questi dispositivi realizzino alcuni indici di densità di potenza (misurata in Watt per centimetro cubico) inimmaginabili solo pochi anni fa.

I dispositivi citati utilizzano internamente per il loro funzionamento tipologie di commutazione a semiconduttore di potenza che operano ad alte frequenze. Queste tecnologie consentono di gestire grandi potenze in dimensioni molto piccole.

Il principale inconveniente di tali dispositivi, deriva dall'uso che tali macchinari fanno della rete di alimentazione. L'uso di dispositvi a semiconduttore, tanto controllati (IGBT, MOSFET, TRIAC, etc.) come non controllati (diodi raddrizzatori), provoca alcuni consumi sui carichi commutati e non lineari, che viste dal lato della alimentazione generano un alto grado di interferenze elettriche.

Chiameremo, quindi, interferenza elettrica la totalità delle circostanze che conduce all'elevato contenuto di armoniche sulla sinusoide corrispondente alla frequenza principale di un impianto elettrico, senza compromettere altri fenomeni contenuti in quello che si chiama qualità elettrica o qualità di alimentazione elettrica.

ù

Principali interferenze nelle reti elettriche interne a bassa tensione

Anche se può sembrare che la cattiva qualità dell'onda, in un impianto elettrico, venga determinata dalla qualità dell'alimentazione, nella maggioranza dei casi ciò non è così, e l'interferenza della rete si produce al contrario, dai carichi all'alimentazione.

Questo è dovuto al fatto che un'alimentazione pura senza interferenze, per creare un impianto elettrico a bassa tensione (in cui i recettori sono composti da elementi con carichi non lineari, commutati, o generatori di armoniche) provoca una corrente distorta rispetto alla sinusoide di tensione. A causa delle resistenze delle connessioni, questa corrente causa cadute di tensione distorte lungo tutto il percorso dai centri di distribuzione e di trasformazione fino ai punti di alimentazione, dopodiché in determinati casi, le interferenze si trasferiscono dai carichi alla compagnia di distribuzione e al resto degli abbonati collegati alla cabina di trasformazione.

Come indicato nella norma UNE_EN-50160: 2011, *"Caratteristiche della energia elettrica somministrata dalle reti generali di distribuzione"*, la fonte di interferenza negli impianti interni è chiaramente il comportamento dei carichi connessi alla rete. La norma cita testualmente: *"Le tensioni armoniche della rete di alimentazione sono dovute principalmente ai carichi non lineari degli utenti della rete collegate in tutti i livelli di tensione della rete di alimentazione. Le correnti armoniche che circolano attraverso le resistenze della rete causano tensioni armoniche. Le correnti armoniche, le resistenze della rete e quindi le tensioni armoniche nei punti di fornitura variano nel tempo."*

Inoltre, all'interno della stessa norma, in relazione alla qualità della fornitura di energia elettrica, si identificano principalmente le seguenti interferenze:

- Interferenze condotte.
- Flicker, sfarfallii di diversa gravità.
- Deriva di frequenza.
- Tensione armonica (fino ad armonica di ordine 40).
- Tasso di distorsione armonica della tensione somministrata.
- Variazione rapida di tensione.
- Interruzione di alimentazione.
- Buchi di tensione.
- Sovratensioni transitorie.
- Fluttuazioni di tensione.
- Squilibrio di tensione.

Armoniche dispari				**Armoniche pari**	
Non multiple di 3		Multiple di 3			
Ordine **h**	Ampiezza **U**h	Ordine **h**	Ampiezza **U**h	Ordine **h**	Ampiezza **U**h
5	6,0%	3	5,0%	2	2,0%
7	5,0%	9	1,5%	4	1,0%
11	3,5%	15	0,5%	6 - 24	0,5%
13	3,0%	21	0,5%		
17	2,0%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

Riguardo alle armoniche, la norma fissa vari livelli massimi permessi per la tensione armonica di ciascuna delle singole armoniche fino a 25. I valori si riportano in Tabella.

Valori delle tensioni dalle armoniche individuali nei punti di somministrazione, fino all'armonica di ordine 25, espressi in percentuale della tensione fondamentale u1.

NOTA: I valori che corrispondono alle armoniche di ordine superiore al 25, che sono generalmente deboli e molto imprevedibili a causa degli effetti di risonanza, non sono indicati in questa tabella.

Generatrice di armoniche

Oltre alla moltitudine di fattori che influenzano la qualità della fornitura di un impianto elettrico, come definiti nella sezione precedente, di seguito descriveremo più in dettaglio la generazione di armoniche negl impianti interni e come tali interferenze si producono.

Si è già accennato che l'ampio uso di apparecchiature di elettronica di potenza nelle reti sta generando una quantità crescente di armoniche nelle reti di distribuzione. Abitualmente, questi componenti tendono a concentrarsi in apparecchiature di elaborazione dati (computer, server di grandi dimensioni), Gruppi di continuità di servizio (UPS), gli avviatori e variatori di velocità dei motori in generale (ventilatori, ascensori, impianti di risalita, gru, macchinari di tutti i tipi), il sistemi di aria condizionata tipo inverter, gli impianti d'illuminazione con reattori elettronici e le lampade fluocompatte e LED.

Inoltre, tutti gli elementi elettrici in cui si produce un flusso discontinuo di corrente a causa del loro funzionamento intrinseco sono quelli che producono maggiori perturbazioni.

In questo insieme si includono le apparecchiature di saldatura ad arco (dove la corrente è del tutto irregolare in funzione del contatto dell'elettrodo con il giunto saldato), ed i motori a spazzole (dato che causano un contatto discontinuo al cambio di lamine). Le forme d'onda che causano queste attrezzature sono quelle che generano le maggiori interferenze elettriche.

Questi motori si trovano ancora in vecchie macchine e utensili manuali (martelli pneumatici, frese, seghe, seghetti, etc).

Pertanto, in sintesi, si può affermare che le cause principali per la generazione di armoniche nei carichi sono:

- Apparecchiature con componenti semiconduttori:
  - Avviatori e variatori di velocità elettronici
  - UPS e inverter
  - Raddrizzatori trifase e monofase
  - Fonti di alimentazione commutate per piccole apparecchiature
  - Caricatori di batteria
- Apparecchiature con elementi ferromagnetici:
  - Trasformatori, bobine e altri elementi magnetici ad alto flusso di induzione, materiale del nucleo con ampia isteresi o funzionamento vicino alla saturazione del materiale.
  - Reattanze elettromagnetiche di apparecchi di illuminazione.
- Elementi con discontinuità nel consumo di energia elettrica:
  - Apparecchiature di saldatura elettrica ad arco.
  - Motori a spazzole.

Parlando di armoniche della frequenza fondamentale di rete, è comune indicarle con il loro ordine (terza, quinta, nona, etc.),con la loro frequenza (150Hz, 350Hz, etc.), ma è anche importante conoscere la loro sequenza.

La sequenza di una armonica, identifica la direzione di rotazione della stessa (se rappresentata come un vettore), in relazione con la frequenza principale o armonica di ordine uno. In questo modo, esistono tre tipi di sequenze:

- Positiva (+): Indica che ruota nello stesso senso della frequenza principale e quindi si somma in valore assoluto nel punto di massima ampiezza.
- Negativa (-): Indica che ruota in senso contrario alla frequenza principale e pertanto si sottrae in valore assoluto nel punto di massima ampiezza.
- Zero (0): Sono vettori omopolari coincidenti che spostano il centro del vettore trifase, generalmente coincidente con il neutro.

La sequenza può essere determinata con la seguente tabella (fino a ordine 21):

Sequenza	**Ordine armonico**
+	1 4 7 10 13 16 19
-	2 5 8 11 14 17 20
0	3 6 9 12 15 18 21

Questa sequenza provoca vari problemi sulle reti. Si analizzano di seguito in base alle armoniche trovate più comunemente:

- Terza armonica: la sua sequenza è zero, il ché causa vettori omopolari nelle tre fasi. Può circolare dentro a circuiti a triangolo provocando un pericoloso riscaldamento non individuabile dagli elementi di misura e protezione esteriori. Allo stesso modo in reti monofase con neutro può generare importanti squilibri nel neutro, spostandolo dal punto centrale.
- Quinta armonica: La sua sequenza è negativa (come l'undicesima), il ché in caso di alimentazione di motori, causa l'esistenza di una coppia antagonista sull'albero motore. Vale a dire, una coppia che si oppone allo sforzo principale dei motori nella loro rotazione e di conseguenza provoca perdite, riduzione della potenza prodotta dal motore e riscaldamento negli avvolgenti e nei pacchetti di lamierini magnetici. L'esistenza di queste armoniche, produce vibrazioni che sono in relazione con il numero di coppie di poli del motore e con la frequenza della predetta armonica, quindi meccanicamente rilevabili mediante accelerometri. Queste vibrazioni invecchiano i componenti meccanici del funzionamento del motore (cuscinetti, alberi, ecc.).
- Settima armonica: La sua sequenza è positiva e quindi si somma alla sinusoide principale, causando un picco di sovratensione che diventa una sovracorrente che il carico deve assorbire. Questo sovraccarico genera vari tipi di problemi a seconda del tipo di carico in questione, ma in tutti i casi è dannoso per le apparecchiature, conduttori e isolanti.

Va appositamente menzionato l'effetto delle armoniche sui trasformatori e elementi magnetici. Le dimensioni dei lamierini magnetici sono calcolate per un flusso magnetico risultante dalla onda sinusoidale a frequenza industriale. La comparsa di armoniche nei trasformatori provoca notevoli perdite nel ferro, in quanto queste aumentano con il quadrato della frequenza. Inoltre, la risposta degli elementi magnetici a componenti ad alta frequenza spesso non è buona, il ché alla fine si trasforma in riscaldamento, perdite e degrado degli isolanti.

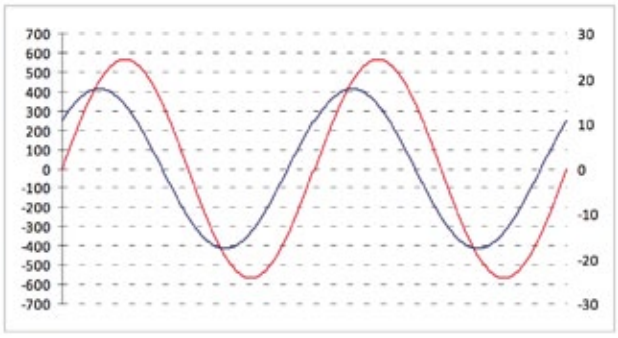
In conclusione, si può affermare che i principali effetti della presenza di armoniche nella rete elettrica sono:

- Aumento della potenza apparente da trasportare.
- Necessità di sovradimensionare le installazioni.
- Interventi intempestivi dei dispositivi di protezione.
- Sovraccarico nei conduttori.
- Vibrazioni e sovraccarichi in macchine rotanti.
- Instabilità del sistema elettrico.
- Invecchiamento precoce.
- Errori nelle apparecchiature di misura.
- Possibili penalizzazioni per interferenze della rete elettrica generale, fino ad arrivare alla disconnessione dell'installazione.
- Disturbi da interferenze elettromagnetiche condotte (EMC) in apparecchiature di controllo.

Correzione del Fattore di Potenza

È ben noto che i carichi alimentati con corrente alternata (motori, trasformatori, induttanze, ecc…), che hanno bisogno per il loro funzionamento della generazione di campi magnetici, causano una corrente ritardata vettorialmente rispetto alla tensione che la alimenta. Questo porta ad un flusso oscillante di energia tra l'alimentazione e il carico. Si eroga una potenza (chiamata potenza apparente S) maggiore di quella necessaria. Parte di essa sarà consumata per ottenere il lavoro utile sulla macchina (potenza attiva P), mentre un'altra parte sarà successivamente restituita all'alimentazione (potenza reattiva Q). La figura sottostante illustra questa situazione nel dominio del tempo, mostrando sul lato sinistro il comportamento di un circuito che consuma 4 kW con coseno di phi pari a 0,8, che richiede una potenza apparente di 5 kVA. Sul lato destro, il circuito è stato compensato capacitivamente e per alimentare il carico di 4kW, solo si ha bisogno di 4kVA, per cui non esiste ritorno di energia alla rete.

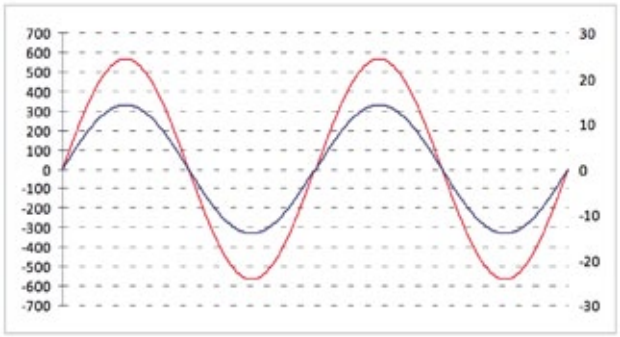
Installazione con consumo di energia reattiva



Cos Phi=0,8

S=5 kVA, P=4kW

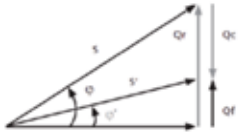
Installazione compensata capacitivamente



Cos Phi=1

S=4 kVA, P=4kW

La figura a destra rappresenta lo stesso effetto in modo vettoriale, dove il vettore Qr viene ridotto dalla comparsa di un vettore opposto Qc (corrispondente alla compensazione capacitiva), risultando un vettore S ', minore dell'inziale S. L'esistenza di questa energia reattiva circolante produce vari fenomeni negativi, in particolare occorre segnalare il surriscaldamento nei conduttori dell'impianto, la riduzione della potenza utile dei trasformatori, la generazione di perdite per effetto Joule in cavi e trasformatori, etc… Data la natura improduttiva e dannosa della potenza reattiva, al fine di minimizzare la circolazione della stessa nelle reti di distribuzione, la normativa prevede delle sanzioni per gli utenti che non realizzano



un'adeguata compensazione dei loro impianti. Queste penalizzazioni sono fatte mediante un addebito addizionale sulla bolletta elettrica e possono determinare un'importante costo nell'importo finale della stessa.

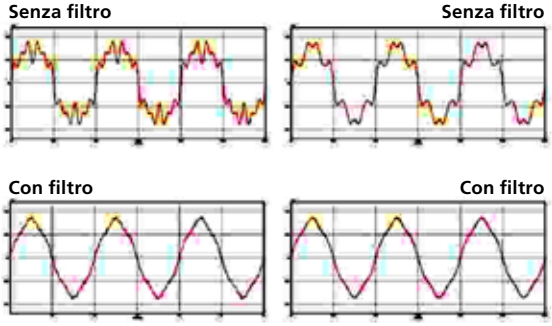
Principio di funzionamento del macchinario

Così come si è visto fino ad ora, ci sono due grandi fenomeni dannosi da risolvere nelle reti elettriche:

- La eliminazione di tutte le armoniche dannose.
- La compensazione della energia reattiva esistente negli impianti.

Entrambi i fenomeni sono risolti contemporaneamente mediante l'azione combinata della batteria intelligente di condensatori e del filtro di armoniche incorporati nell'apparecchio ECONELEC®. Il principio di funzionamento delle apparecchiature ECONELEC® è il seguente:

- Il dispositivo di controllo a microprocessore si occupa di realizzare la misurazione in tempo reale delle principali variabili dell'impianto elettrico, a partire dalle quali sceglie la strategia migliore da adottare.
- Così, quando necessario, il sistema introdurrà varie configurazioni di elementi capacitivi ed induttivi con la duplice funzione di mantenere il Fattore di Potenza al suo valore ottimale e fornire un filtro passabanda a frequenze selezionate in precedenza, il ché fornisce un percorso a bassa impedenza per ridurre al minimo le armoniche nocive esistenti nell'impianto, 3 °, 5 °, 7 ° ... Pertanto il comportamento del dispositivo è simile ad una batteria di rifasamento che, invece di utilizzare esclusivamente i condensatori, compone un filtro risonante per presentare un'impedenza molto bassa alle armoniche presenti nella rete; eliminando così le frequenze delle armoniche selezionate e lasciando pulita la forma d'onda della sinusoide di alimentazione. Questo è chiamato filtro LC passabanda (una combinazione di condensatori e induttanze sintonizzati su frequenze da eliminare). La selezione del filtro appropriato per ciascun caso e la sua integrazione con il miglioramento del fattore di potenza suppone una complessità importante che l'apparecchio deve risolvere in tempo reale. Di seguito nella figura 5, si mostrano due impianti elettrici con reti inquinate da armoniche di diversi ordine e sequenza, così come i risultati ottenuti con i sistemi di filtraggio di armoniche che compongono l'apparecchio ECONELEC®.



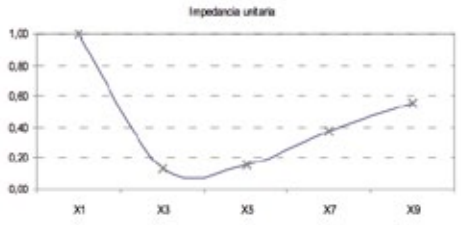
Installazione con alto contenuto armonico. Esempio 1.

Installazione con alto contenuto armonico. Esempio 2.

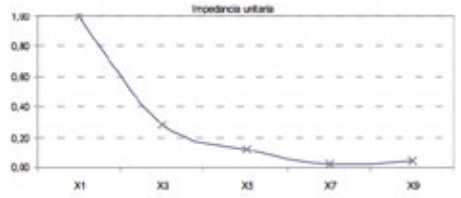
Conclusioni finali e risparmi

Le applicazioni tipiche per l'apparecchio ECONELEC®, comprendono gli impianti di media e alta potenza (da 10 a 600 kW), per cui può essere utilizzato in sistemi che comprendano variatori di velocità, forni ad induzione e forni ad arco e raddrizzatori in reti trifase/monofase da 230/400V, 50Hz.

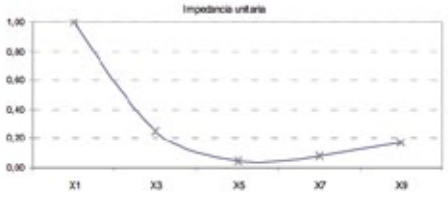
Di seguito nella figura 6, si presenta la risposta in frequenza del sistema di filtraggio di armoniche per diversi casi di preponderanza di armoniche, includendo l'azione combinata di diversi filtri simultanei. I valori rappresentano il valore dell'impedenza unitaria del filtro passabanda di impedenza all'armonica dell'ordine corrispondente.



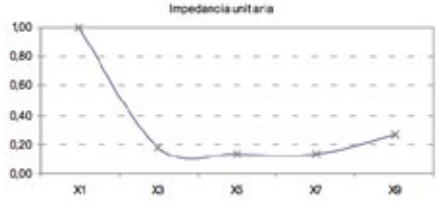
Armónico 3º y 5º



Armónico 7º y 9º



Armónico 5º y 7º



Acción combinada

ECONELEC ®

FILTRO A RISPARMIO DI ENERGIA
10-600 KW / 400 V 50 Hz

Il filtro a risparmio di energia ECONELEC ® progettato e prodotto in Spagna è il risultato di anni di lavoro e di esperienza.

ECONELEC ® è in grado di fornire, in un solo apparecchio, diverse funzioni importanti per il corretto funzionamento degli impianti elettrici e di ottenere una significativa riduzione delle bollette elettriche. Installando il nostro filtro a risparmio di energia, si ottiene un ritorno molto veloce degli investimenti e un grande risparmio totale attraverso la sua aspettativa di vita di 150.000 ore. Si tratta di un apparecchio robusto e di facile manutenzione.

ECONELEC ® contribuisce in modo efficace alla diminuzione delle emissioni di CO2 riducendo l'impatto sull'ambiente. Il sistema può trovare applicazione in qualsiasi industria, locale, impresa, ospedale, ecc...

SERIE TR4001 (REDES TRIFÁSICAS A 400 V)
TR4001 SERIES (THREE-PHASE NETWORKS 400 V)

Código Code	Potencia Power (KW)	Tensión Voltage (V)	Dimensiones Dimensions (mm)
PEETR0010004005	10	400	550 x 350 x 240
PEETR0015004005	15	400	550 x 350 x 240
PEETR0025004005	25	400	550 x 350 x 240
PEETR0035004005	35	400	550 x 350 x 240
PEETR0045004005	45	400	550 x 350 x 240
PEETR0055004005	55	400	550 x 350 x 240
PEETR00750040052	75	400	650 x 460 x 257
PEETR01000040052	100	400	650 x 460 x 257

SERIE TR4002 (REDES TRIFÁSICAS A 400 V)
TR4002 SERIES (THREE-PHASE NETWORKS 400 V)

Código Code	Potencia Power (KW)	Tensión Voltage (V)	Dimensiones Dimensions (mm)
PEETR0150004005	150	400	2100 x 600 x 600
PEETR0200004005	200	400	2100 x 600 x 600
PEETR0250004005	250	400	2100 x 600 x 600
PEETR0300004005	300	400	2100 x 1200 x 600
PEETR0350004005	350	400	2100 x 1200 x 600
PEETR0400004005	400	400	2100 x 1200 x 600
PEETR0450004005	450	400	2100 x 1200 x 600
PEETR0500004005	500	400	2100 x 1200 x 600
PEETR0550004005	550	400	2100 x 1800 x 600
PEETR0600004005	600	400	2100 x 1800 x 600

L'azione combinata della batteria di condensatori e il filtro di armoniche che incorpora l'apparecchio ECONELEC®, genera notevoli vantaggi negli impianti elettrici:

Batteria di condensatori	Filtro delle armoniche	
●		Miglioramento del fattore di potenza
●		Riduzione della potenza apparente da trasportare
●		Eliminazione della potenza reattiva circolante
●	●	Riduzione del consumo di energia attiva
●	●	Riduzione delle perdite prodotte per effetto Joule
●	●	Riduzione del surriscaldamento dei conduttori
●	●	Riduzione di perdite nei trasformatori
●	●	Riduzione della potenza potenza di picco registrata.
	●	Incrementi dell'efficienza e prolungamento della vita dei carichi collegati all'impianto
	●	Riduzione dello stress in tensione (limitazione di picchi di tensione) per gli elementi che lavorano con campi elettrici e richiedono dielettrici per funzionare
	●	Riduzione dello stress in corrente (limitazione di picchi di intensità)
	●	Riduzione degli interventi intempestivi dei dispositivi di protezione
	●	Riduzione di vibrazioni e sovraccarichi nelle macchine rotative
	●	Eliminazione di instabilità del sistema elettrico nel suo complesso
	●	Riduzione degli errori negli apparecchi di misurazione
	●	Facilità per il compimento delle regolazioni interne in relazione con le interferenze elettromagnetiche condotte (EMC) negli apparecchi di controllo
	●	Riduzione dell'indice di distorsione armonica
	●	Miglioramento della forma d'onda di tensione

- Elimina la Energia Reattiva circolante
- Riduce il consumo tra un 5% e un 20%
- Riduce la potenza di picco richiesta tra un 3% e un 10%
- Diminuisce l'indice di distorsione armonica del carico
- Migliora la forma d'onda della tensione dell'installazione

Certificado de Funcionalidad

PRODUCTO:
Filtro Economizador de Energía ECONELEC * SERIE TR4001 y TR4002.

ÁMBITO DE APLICACIÓN:
Redes Trifásicas a 400V. Frecuencia industrial 50Hz.

POTENCIA:
Toda la gama de producto desde 10 a 600 kVA.

RESULTADOS VERIFICADOS:

- Capacidad para eliminar la energía reactiva utilizada en una instalación.
- Capacidad para reducir el consumo de energía en una instalación media entre un 5% y un 20% sobre el total.
- Capacidad para reducir la potencia máxima cuarthoraria medida por los maxímetros, entre un 3% y un 10%.
- Capacidad para disminuir la tasa de distorsión armónica de la tensión (THD) en la carga.
- Capacidad para mejorar la forma de onda de tensión de la instalación.
- Capacidad para reducir las pérdidas por caída de tensión en los conductores.

El Filtro Economizador de Energía ECONELEC * diseñado y fabricado en España por AENER ENERGIA, S.L.U., ha sido testeado en laboratorio, para verificar el cumplimiento con las especificaciones del producto para las que fue diseñado.

Fecha verificación: 21 de Mayo de 2014

Carlos Rodríguez
Doctor Ingeniero Industrial
Dpto. Tecnología Electrónica

Gruppo BPE
Beam Power Energy

BPE Beam Power Energy distributiore esclusivo per l'Italia

aener energía

ECONELEC ®

MEAKIKI.COM

BPE
Beam Power Energy ®

BPE Beam Power Energy Srl

E.S.Co. - Energy Service Company
Via Montevecchio, 28 - 10128 Torino - Italy
P.IVA e C.F. IT09825850960
tel: +39 011 7934 150

info@beampowerenergy.com
bpebeampowerenergy@legalmail.it
www.beampowerenergy.com

Capitale Sociale interamente versato € 190.000,00