



nergia

power quality
maximum saving





Misurazione della potenza assorbita e dell'efficienza in condizioni non sinusoidali

Francesco Grasso, Antonio Luchetta, Stefano Manetti

Università di Firenze

Dipartimento di Ingegneria informatica

DINFO – Via Santa Marta, 3 I-50139 Firenze (FI)

francesco.grasso@unifi.it

Franco Cenghialta, Ernesto D'Antuono, Stefano De Giorgis

Energia Europa S.p.A.

R&D Department

Via Trieste, 222/B I-36010 Zanè (VI)

f.cenghialta@energia-europa.com

In Elettrotecnica esistono le grandezze primarie

tensione istantanea $v(t)$

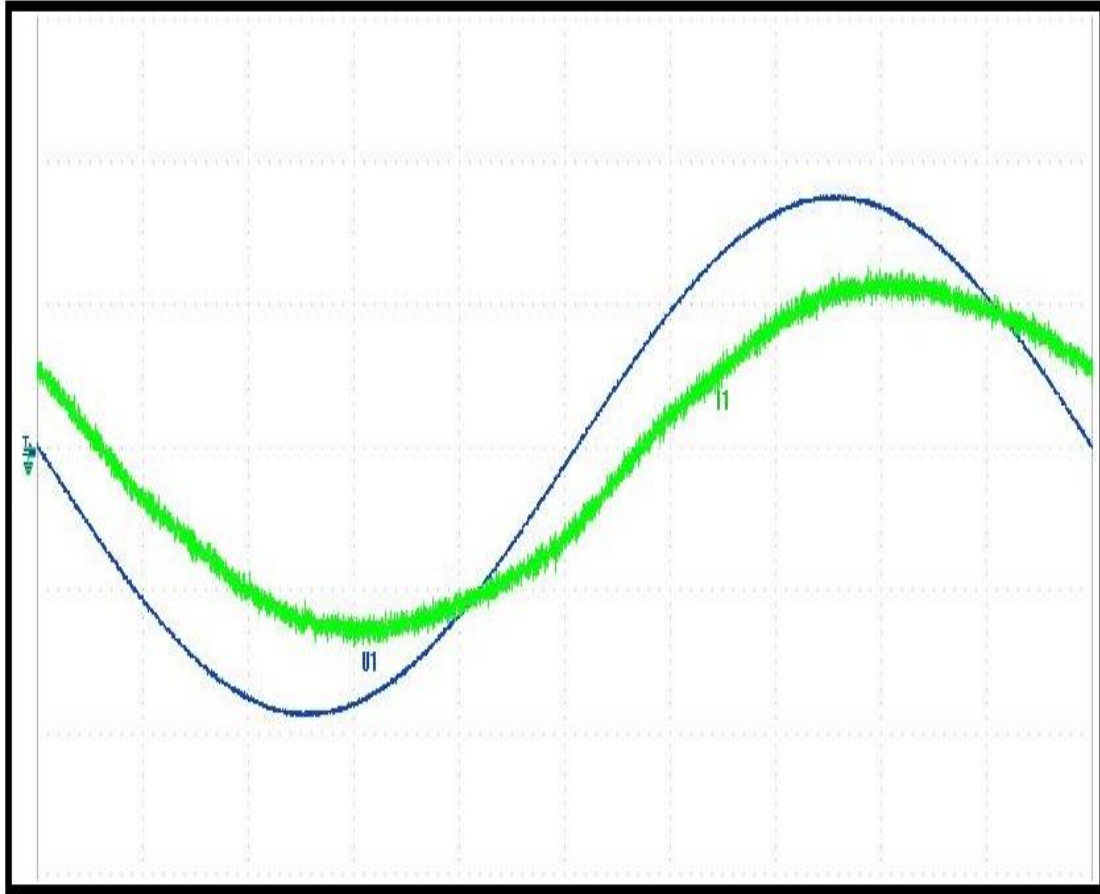
corrente istantanea $i(t)$

il prodotto di queste due grandezze $v(t) \times i(t)$
è la **potenza istantanea** $p(t)$

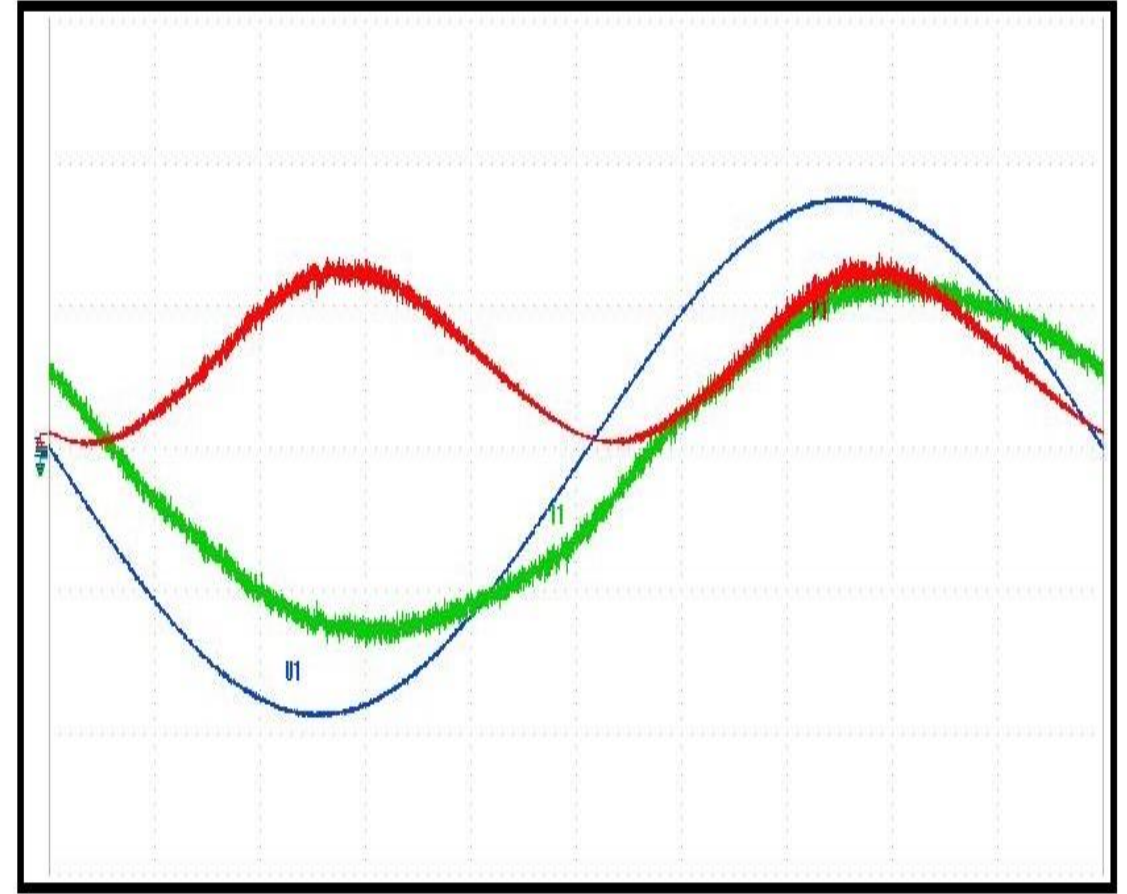
L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA HA CAMBIATO
LA FORMA D'ONDA DI QUESTE GRANDEZZE ?

Come è cambiata la tecnologia che ci circonda in ambito elettrico?

- Periodo 1980-1990 $v(t)$ $i(t)$ $p(t)$



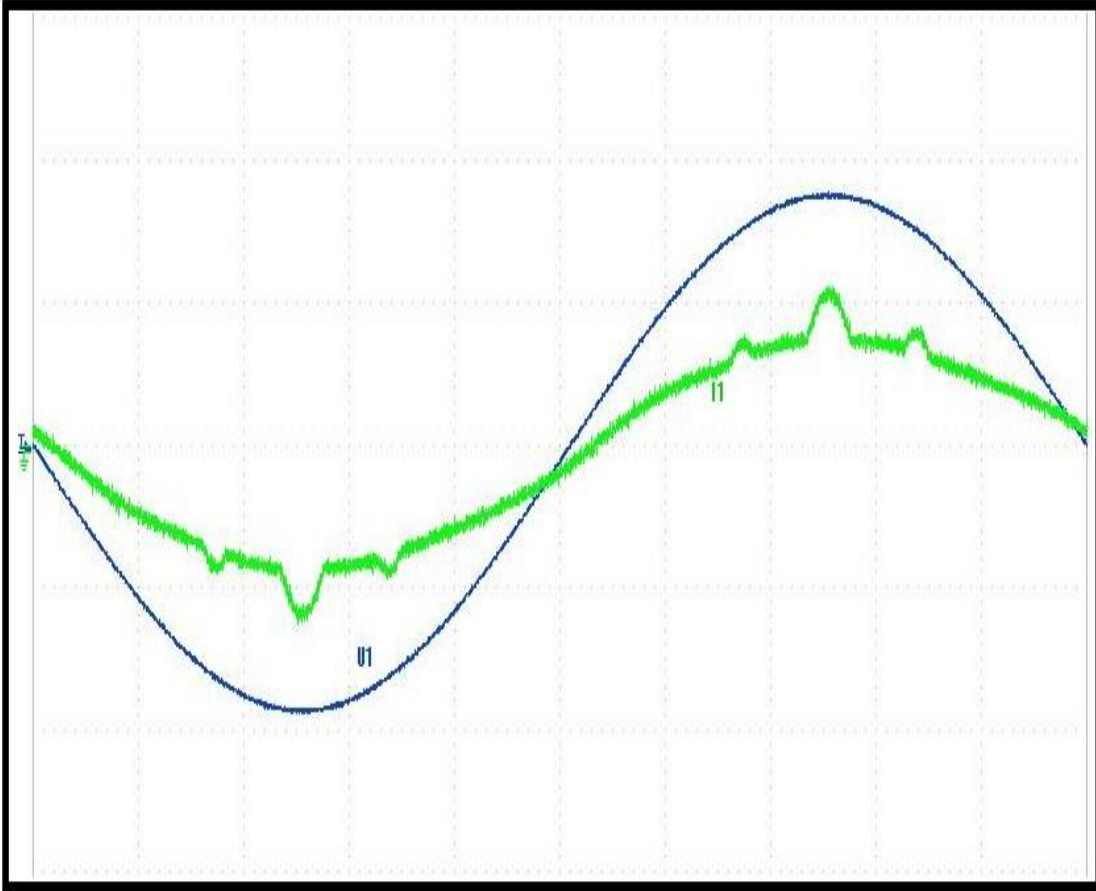
$v(t)$ $i(t)$



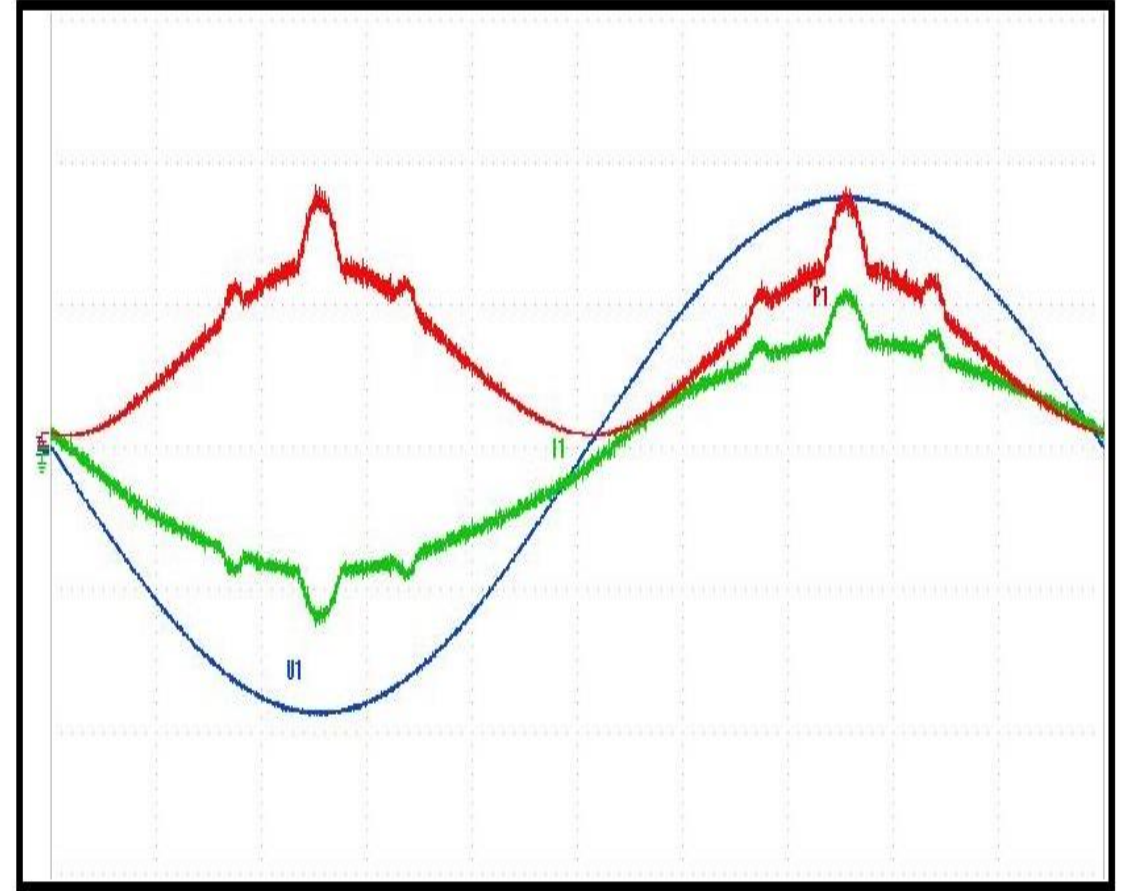
$v(t)$ $i(t)$ $p(t)$

Come è cambiata la tecnologia che ci circonda in ambito elettrico?

- Periodo 1990-2000 $v(t)$ $i(t)$ $p(t)$



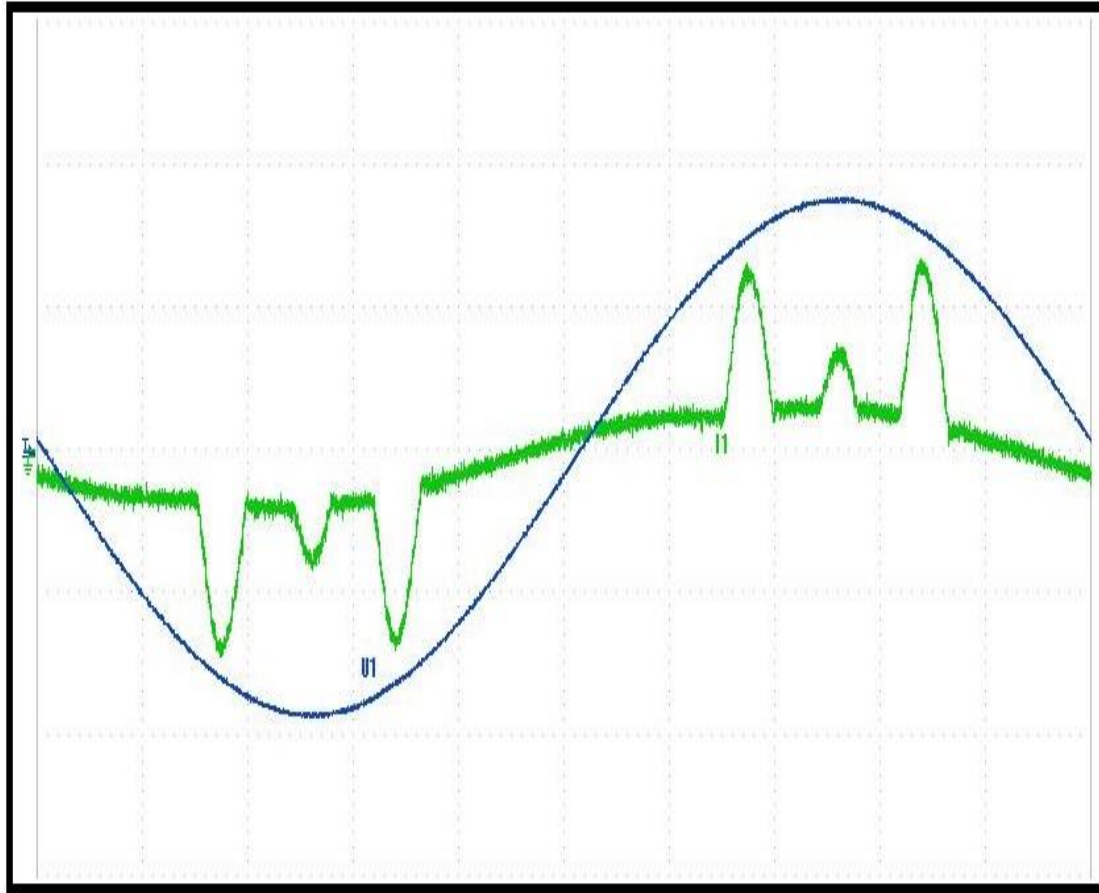
$v(t)$ $i(t)$



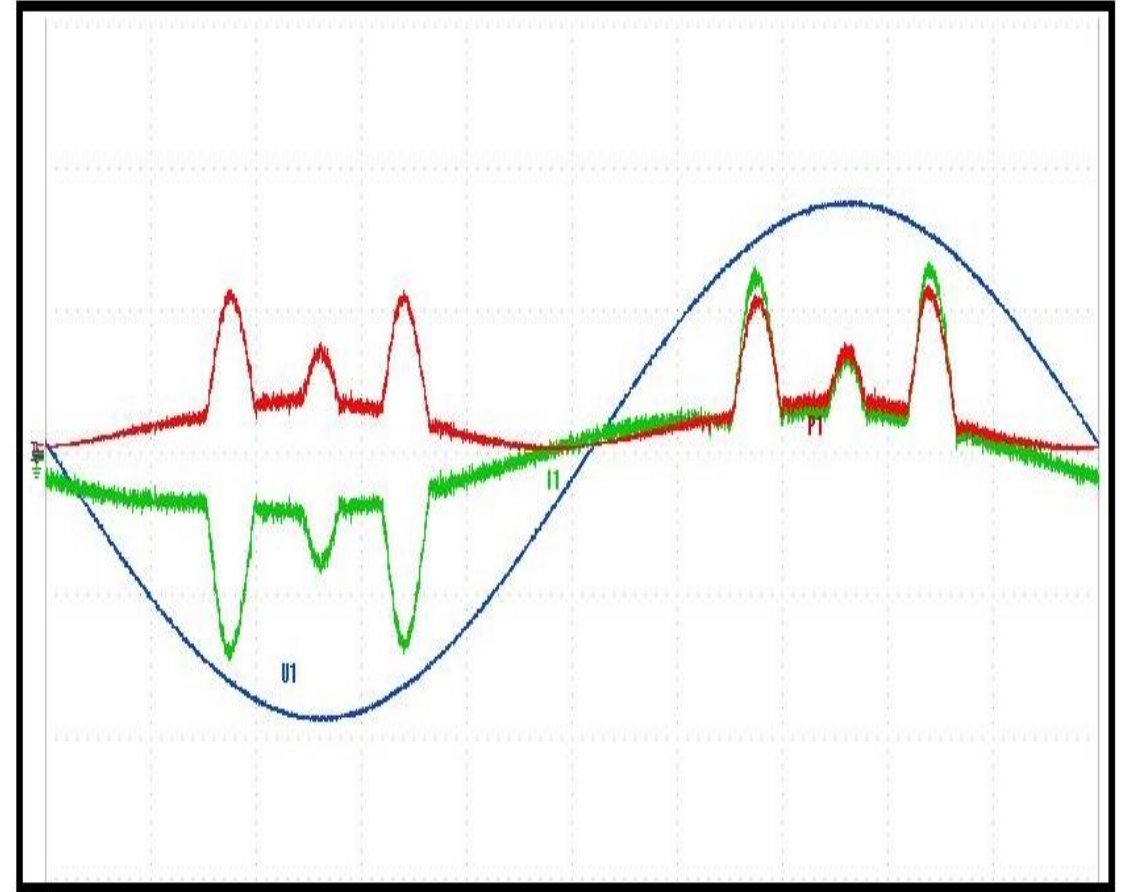
$v(t)$ $i(t)$ $p(t)$

Come è cambiata la tecnologia che ci circonda in ambito elettrico?

- Periodo 2000-2010 $v(t)$ $i(t)$ $p(t)$



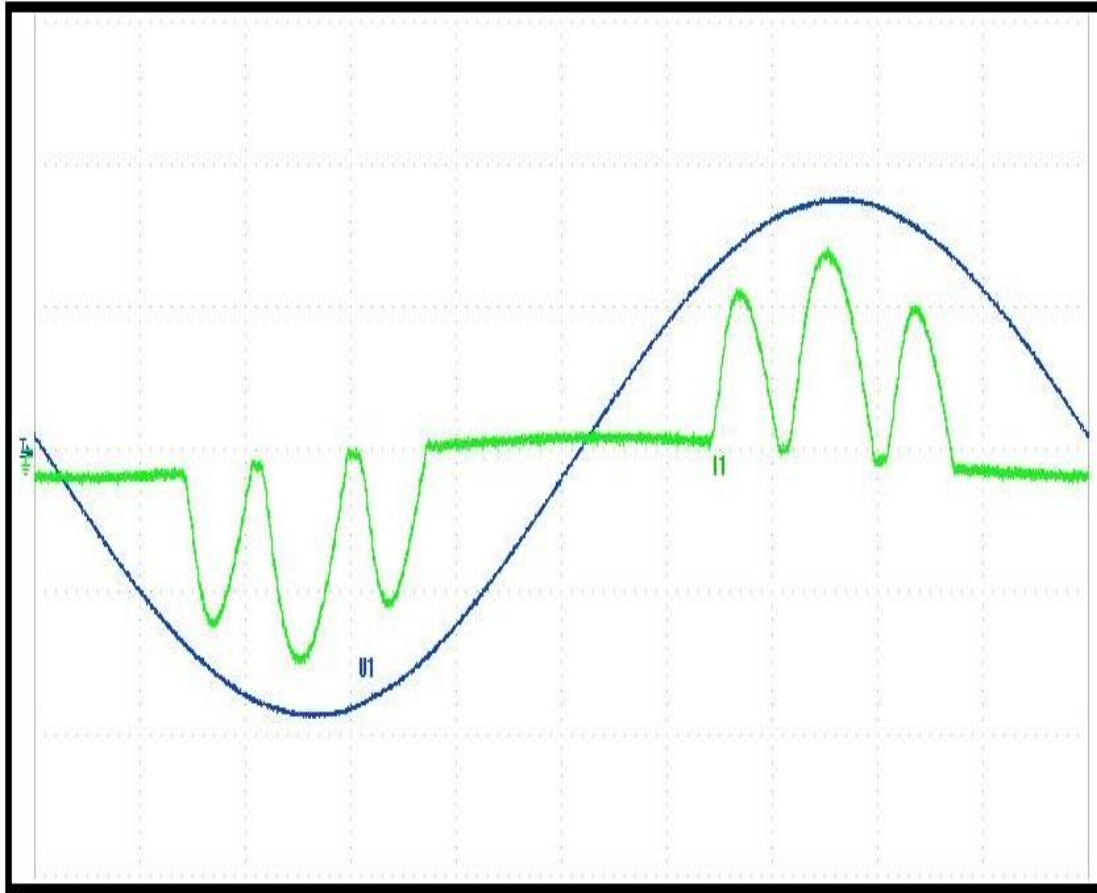
$v(t)$ $i(t)$



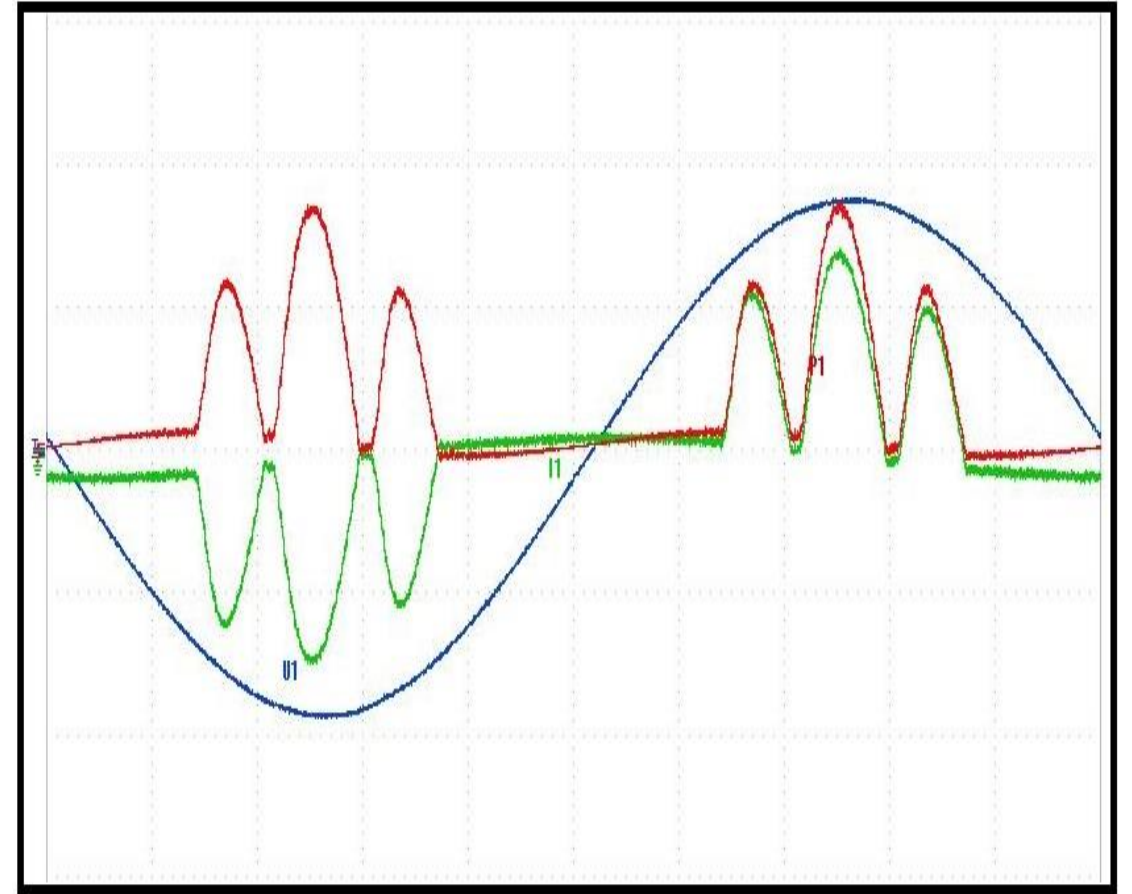
$v(t)$ $i(t)$ $p(t)$

Come è cambiata la tecnologia che ci circonda in ambito elettrico?

- Periodo 2010-2020 $v(t)$ $i(t)$ $p(t)$

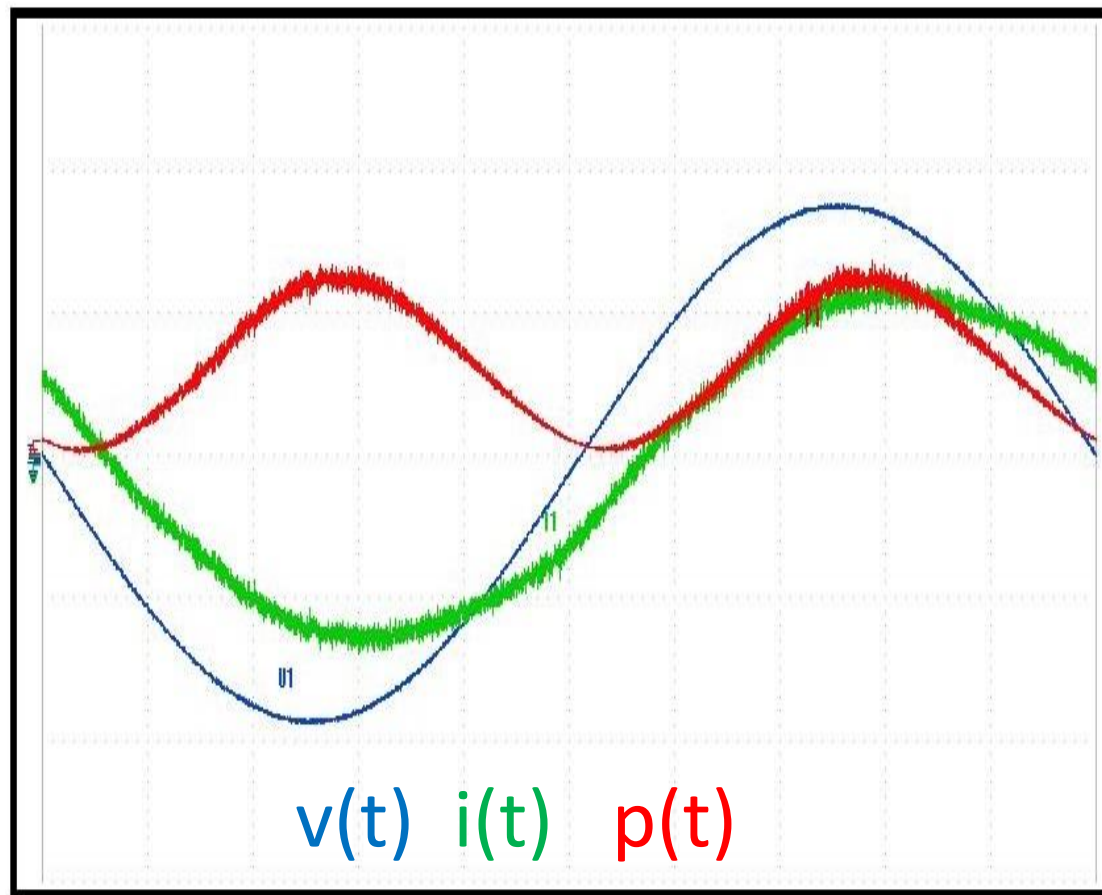


$v(t)$ $i(t)$



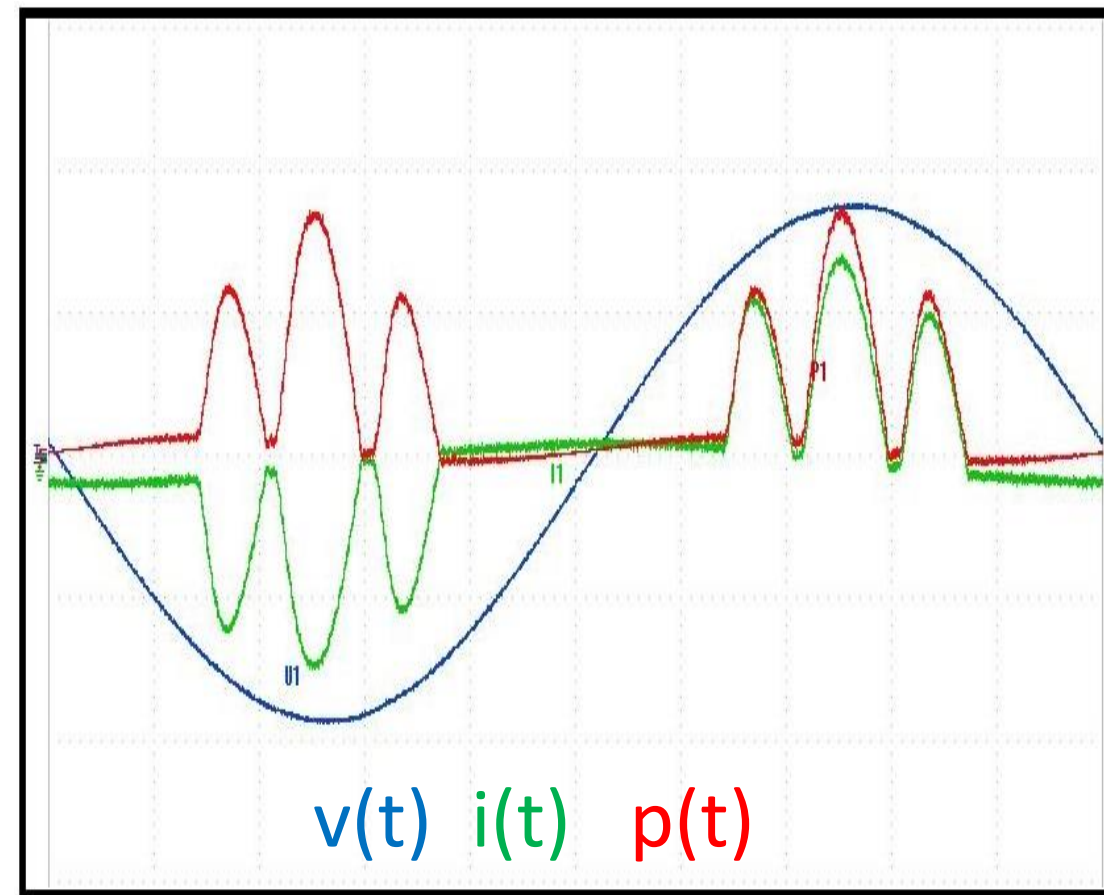
$v(t)$ $i(t)$ $p(t)$

- Periodo 1980-1990



Regimi Sinusoidali

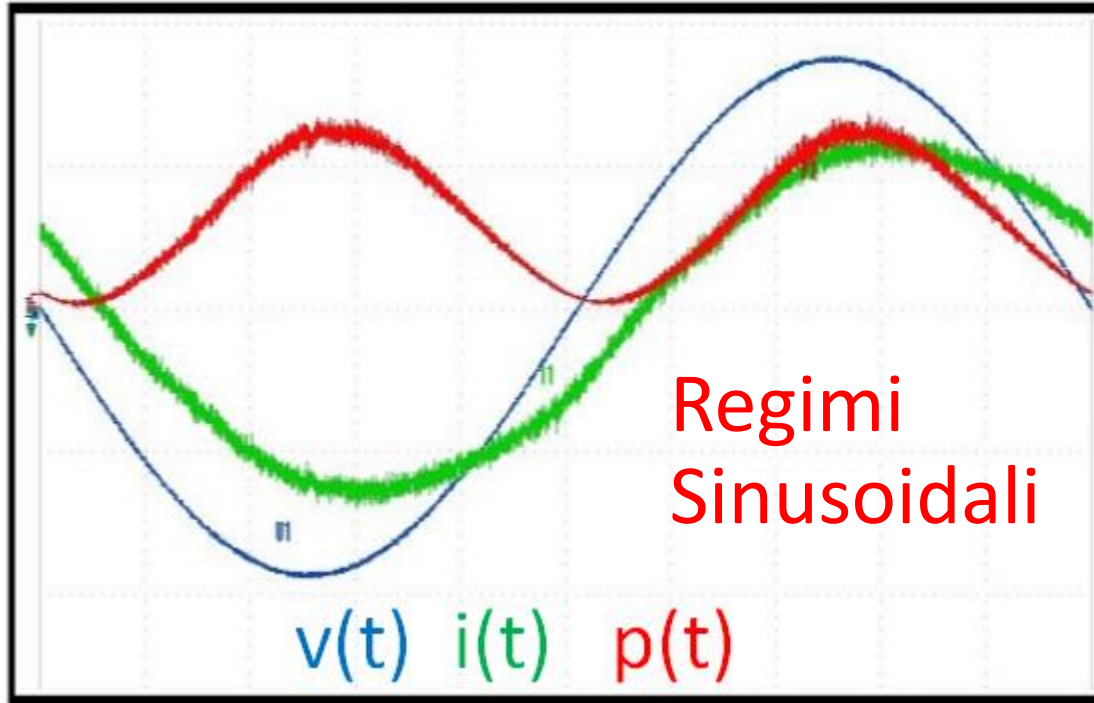
- Periodo 2010-2020



Regimi Distorti

Cosa è cambiato in elettrotecnica?

- Periodo 1980-1990

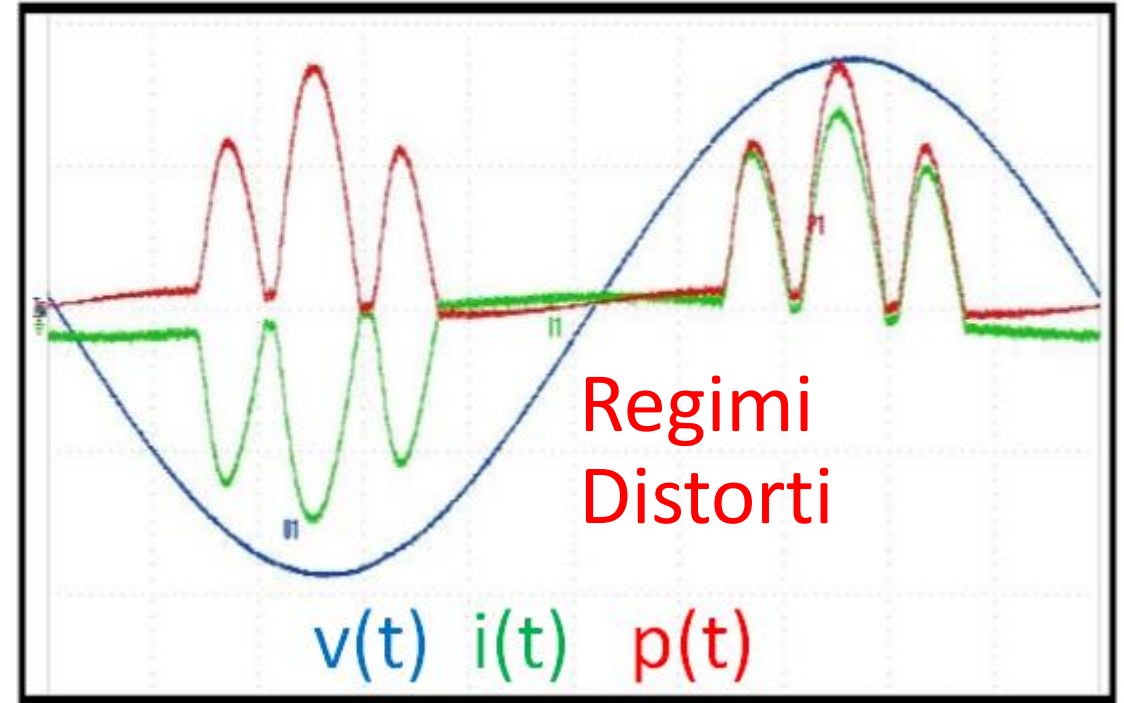


$$P = V \times I \times \cos\varphi$$

La formula della Potenza Attiva P è cambiata
perché la forma d'onda della corrente è cambiata.

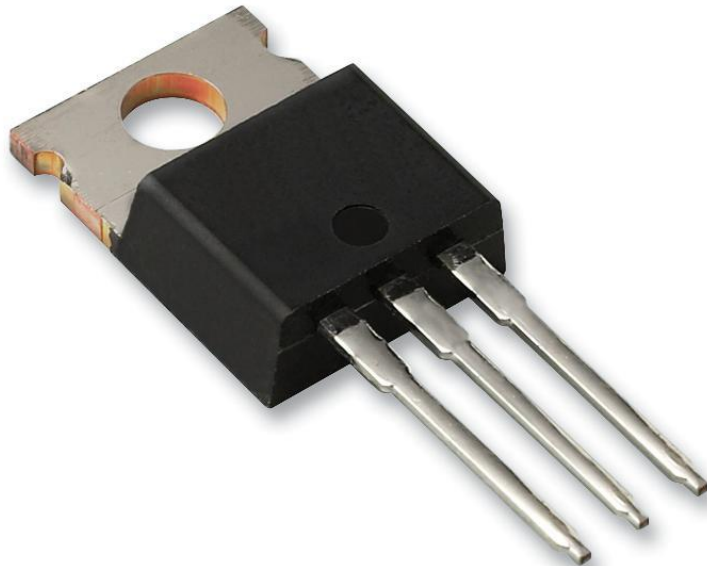
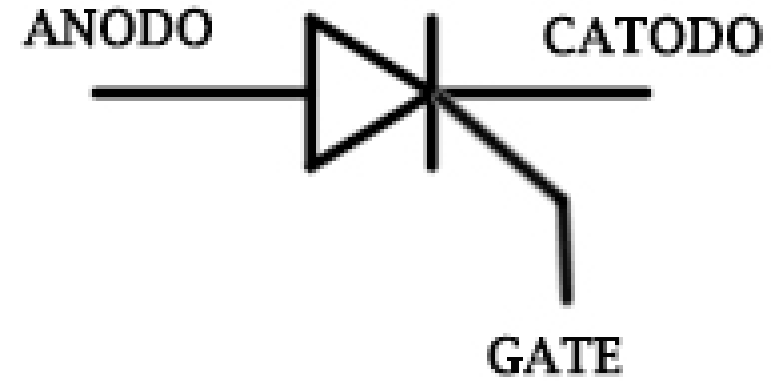
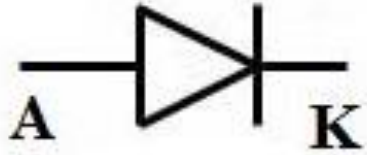
La corrente cambiata ha acceso la sensibilità nella Power Quality.

- Periodo 2010-2020

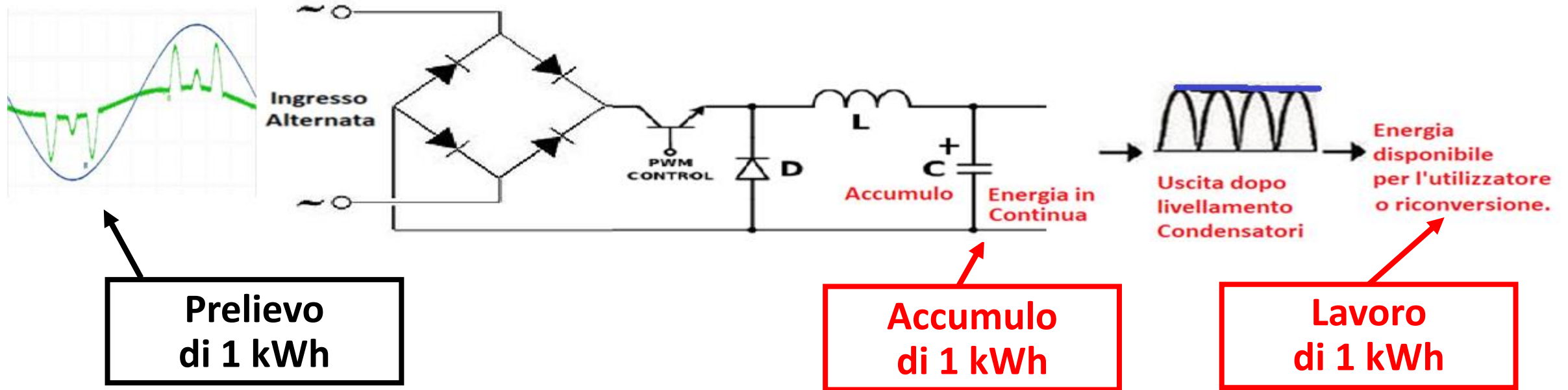


$$P = V \times I \times PF$$

Chi ha contribuito nel modificare la forma d'onda della corrente?



Utilizzo del Ponte Raddrizzatore



Il prelievo di Energia avviene attraverso un prelievo di Potenza $P = V \times I \times PF$

ENERGIA 1 kWh = $P \times t = V \times I \times PF \times t$

CARATTERISTICA DEL PRELIEVO

$V \downarrow \times I \uparrow$ $V \uparrow \times I \downarrow$

Logica della Potenza Stabilizzata:
al variare della tensione, il prelievo di Energia in ingresso rimane costante.

**La componentistica elettronica
ha permesso
di realizzare apparecchiature ad alta efficienza,
prelevando dalla rete la corretta energia
per il lavoro che deve essere eseguito.**

**Di contro restituiscono sulle linee di distribuzione
distorsione sulla forma d'onda di corrente
complicando
il processo di trasferimento energetico (es. dal Trafo di Media)
al carico (utilizzatore).**

ANALISI DI LABORATORIO

Parte 1

Relatori

Dott. Ernesto Ing. D'Antuono

R&D Energia Europa S.p.A.

Dott. Marco Ing. Somma

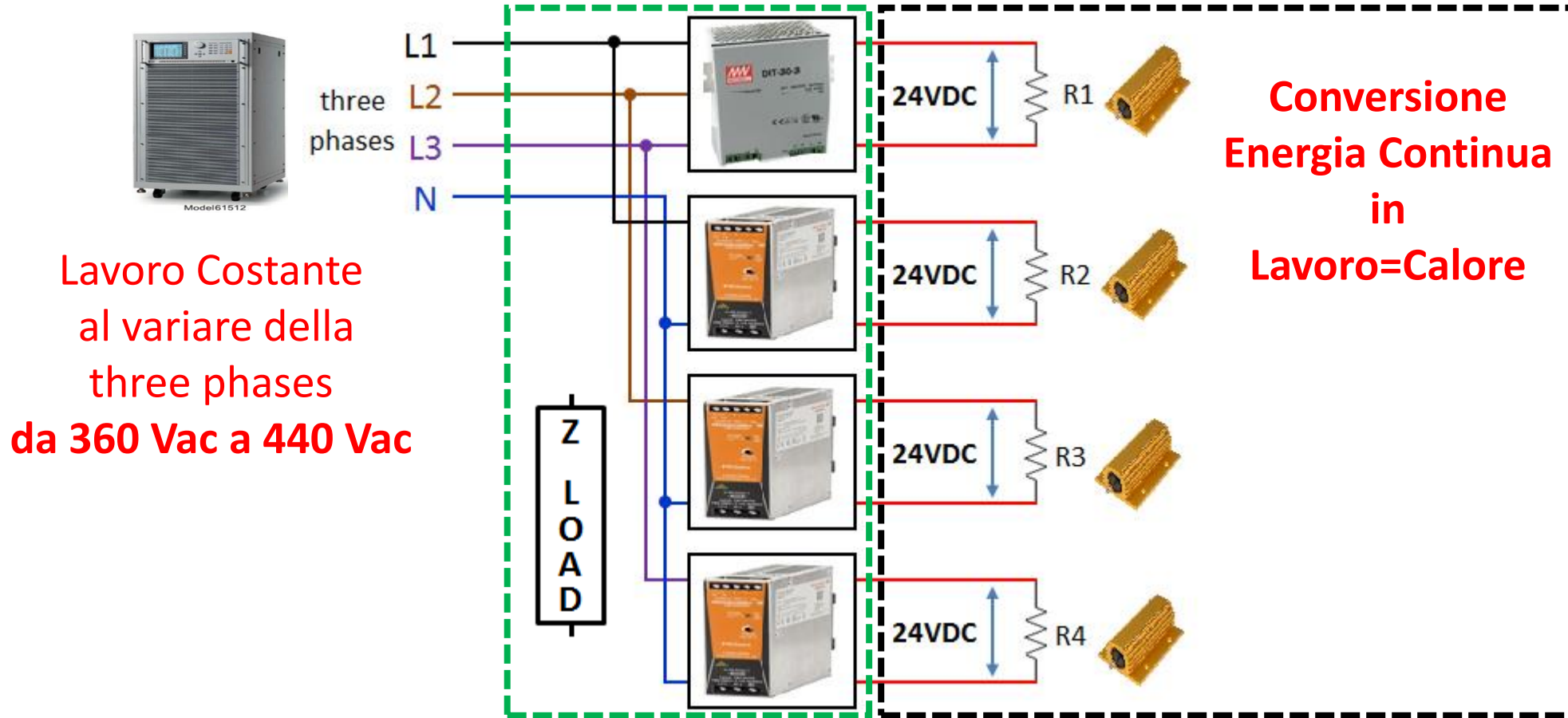
Università di Firenze (Ricercatore)

Prof. Francesco Grasso

Università di Firenze (Coordinatore)

LOAD DI LABORATORIO

Per le analisi di laboratorio è stata realizzata la sotto riportata configurazione di carico elettrico a potenza stabilizzata.



LOAD NOTO, CERTO, EQUILIBRATO E CERTIFICATO

STRUMENTAZIONE DI LABORATORIO



Generatore



PROGRAMMABLE AC POWER SOURCE
MODEL 61511/61512/61611/61612



Model61512



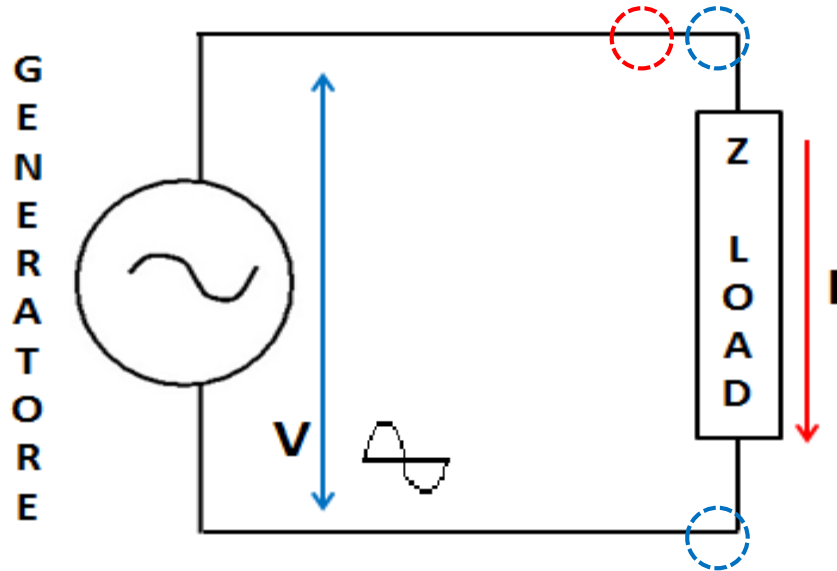
Il Power Source permette di generare:

- una tensione stabilizzata con o senza distorsione THDv.

Model	61512
AC OUTPUT RATING	
Single Phase Power	18KW
3-Phase Power	18KW
Power per Phase	6KW
VOLTAGE	
Range	150V/300V/Auto
Output Voltage	0~150V/0~300V
Accuracy	0.2%+0.2% F.S.
Resolution	0.1 V
FREQUENCY	
Range	DC, 15-1.5KHz
Accuracy	0.15%

SORGENTE DI TENSIONE NOTA, ACCURATA E CERTA

IDENTIFICAZIONE PUNTI DI MISURA E STRUMENTI DI MISURA



 PUNTO DI MISURA TENSIONE V_{ac}


 PUNTO DI MISURA CORRENTE I_{ac}




YOKOGAWA
WT1800
Precision
Power Analyzer



12 Canali di Misura
6 canali di tensione
6 canali di corrente



YOKOGAWA
PX8000
Precision
Power Scope



8 Canali di Misura
4 canali di tensione
4 canali di corrente

PRECISIONE DELLA MISURA WT1800 – PX8000

Precisione YOKOGAWA WT1800

Frequency $45 \leq f \leq 66$ Hz -- Misura Voltage: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,05\% \text{ fondo scala})$
Frequency $45 \leq f \leq 66$ Hz -- Misura Current: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,05\% \text{ fondo scala})$
Frequency $45 \leq f \leq 66$ Hz -- Misura Power: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,05\% \text{ fondo scala})$

Precisione YOKOGAWA PX8000

Frequency $45 \leq f \leq 1000$ Hz -- Misura Voltage: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,1\% \text{ fondo scala})$
Frequency $45 \leq f \leq 1000$ Hz -- Misura Current: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,1\% \text{ fondo scala})$
Frequency $45 \leq f \leq 1000$ Hz -- Misura Power: $\pm (0,1\% \text{ della misura} + 0,1\% \text{ fondo scala})$

Che grandezze si vogliono misurare?

Vrms di tensione	WT1800	PX8000
Irms di corrente	WT1800	PX8000
Pattiva	WT1800	PX8000

Che consumi si vogliono misurare?

Energie	WT1800	PX8000
---------	--------	--------

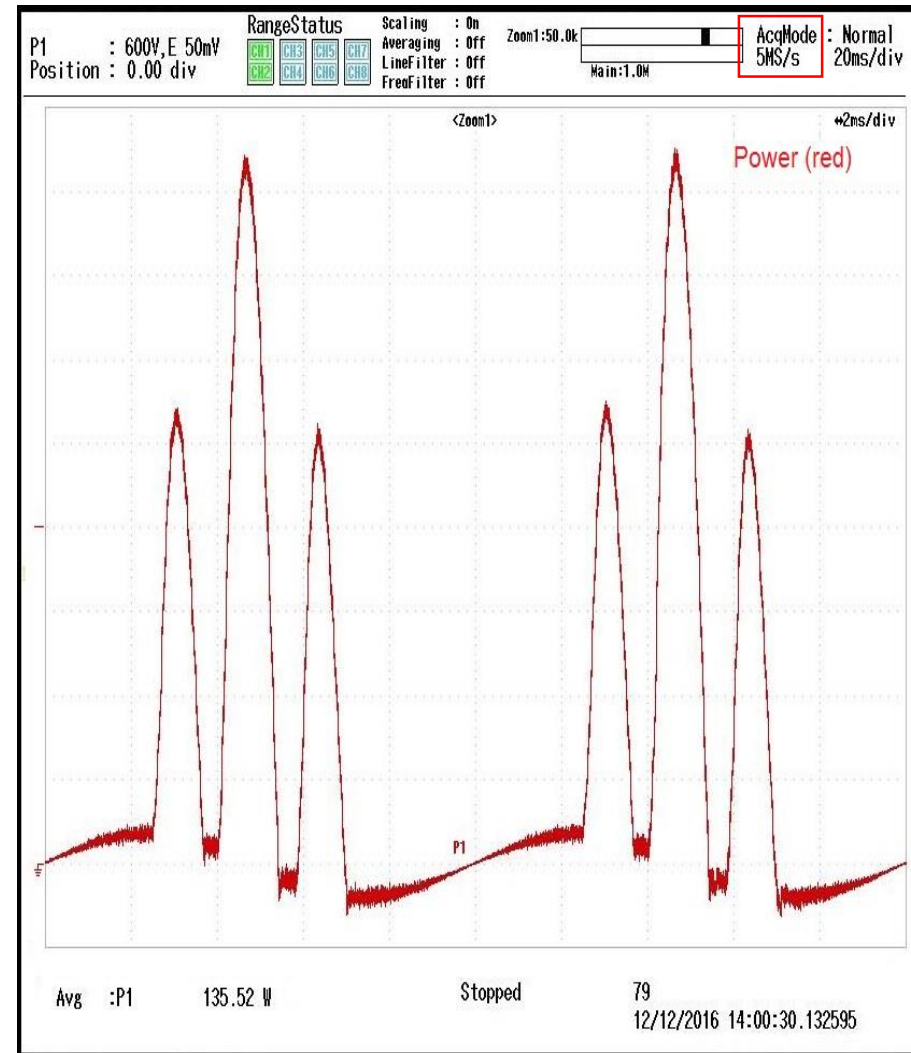
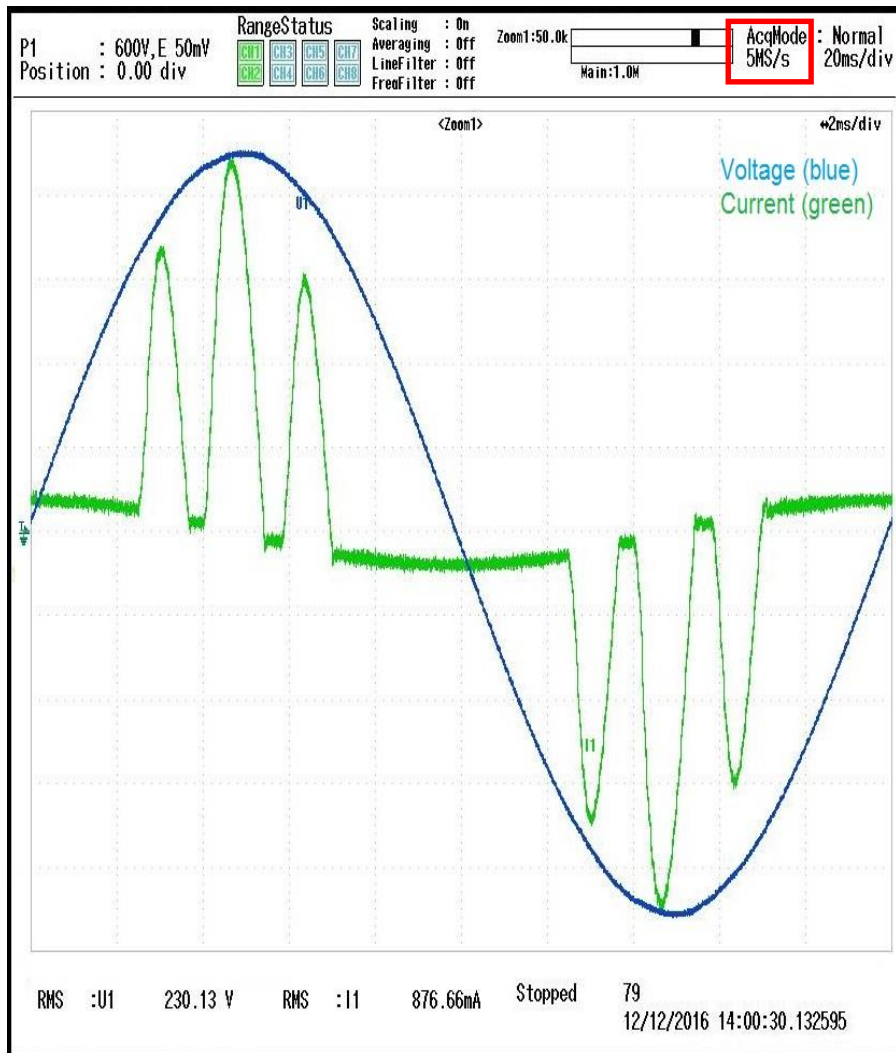
Che grandezze si vogliono visualizzare?

V(t) tensione istantanea	WT1800	PX8000
I(t) corrente istantanea	WT1800	PX8000
P(t) potenza istantanea		PX8000

MISURA AFFIDABILE E DI ALTA QUALITA'

Misura con PX8000

PRESENTAZIONE MISURE ESEGUITE SUL LOAD PRECEDENTEMENTE DEFINITO ALIMENTATO
CON TENSIONE SENZA DISTORSIONE

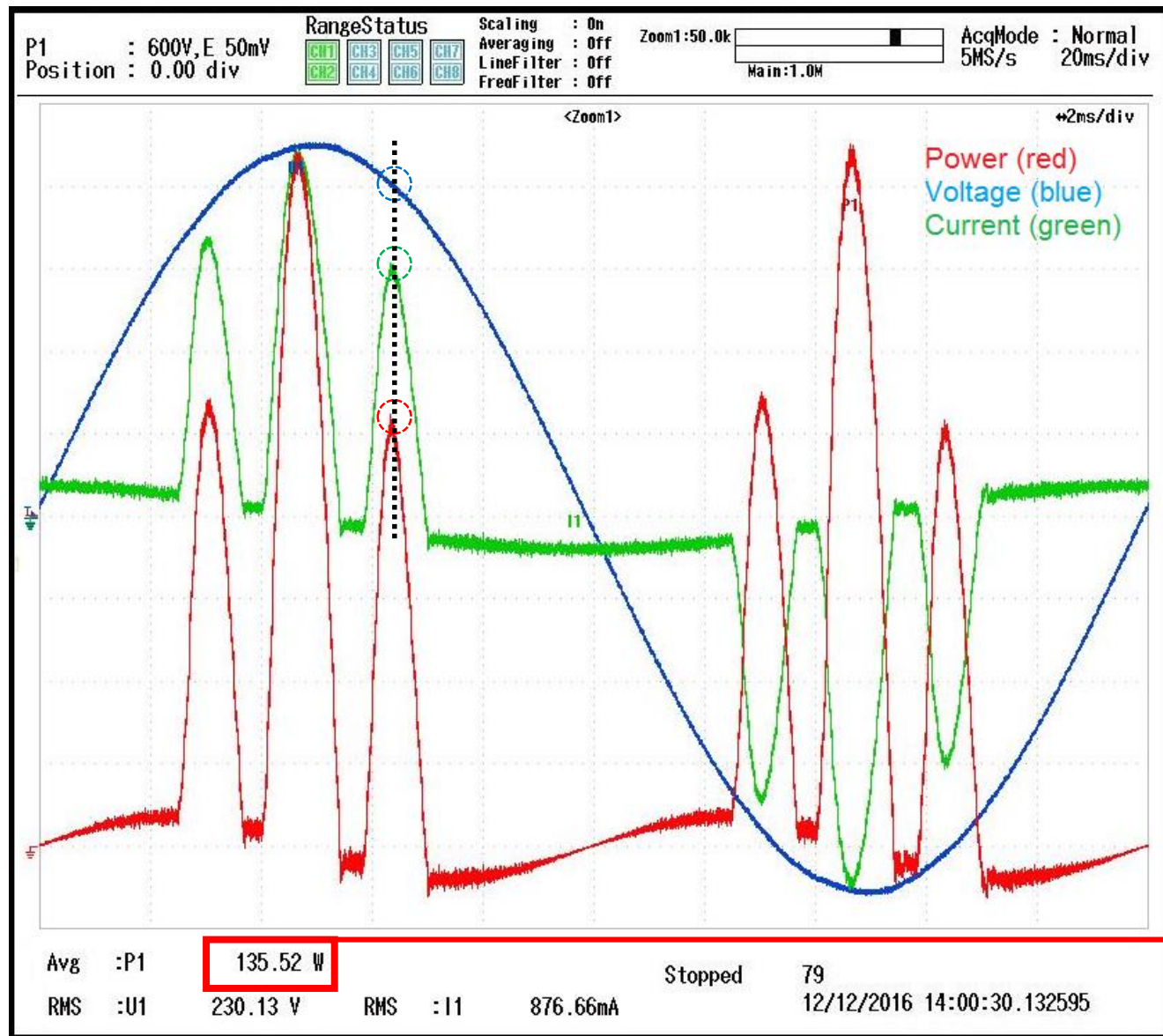


1 secondo ci sono 50 Periodi; in 1 secondo ci sono 5.000.000 campioni di misura;
in un periodo ci sono 100.000 campioni di misura.

POTENZA ISTANTANEA (PX8000)

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

$p(t)$ si misura in W



135,52 W

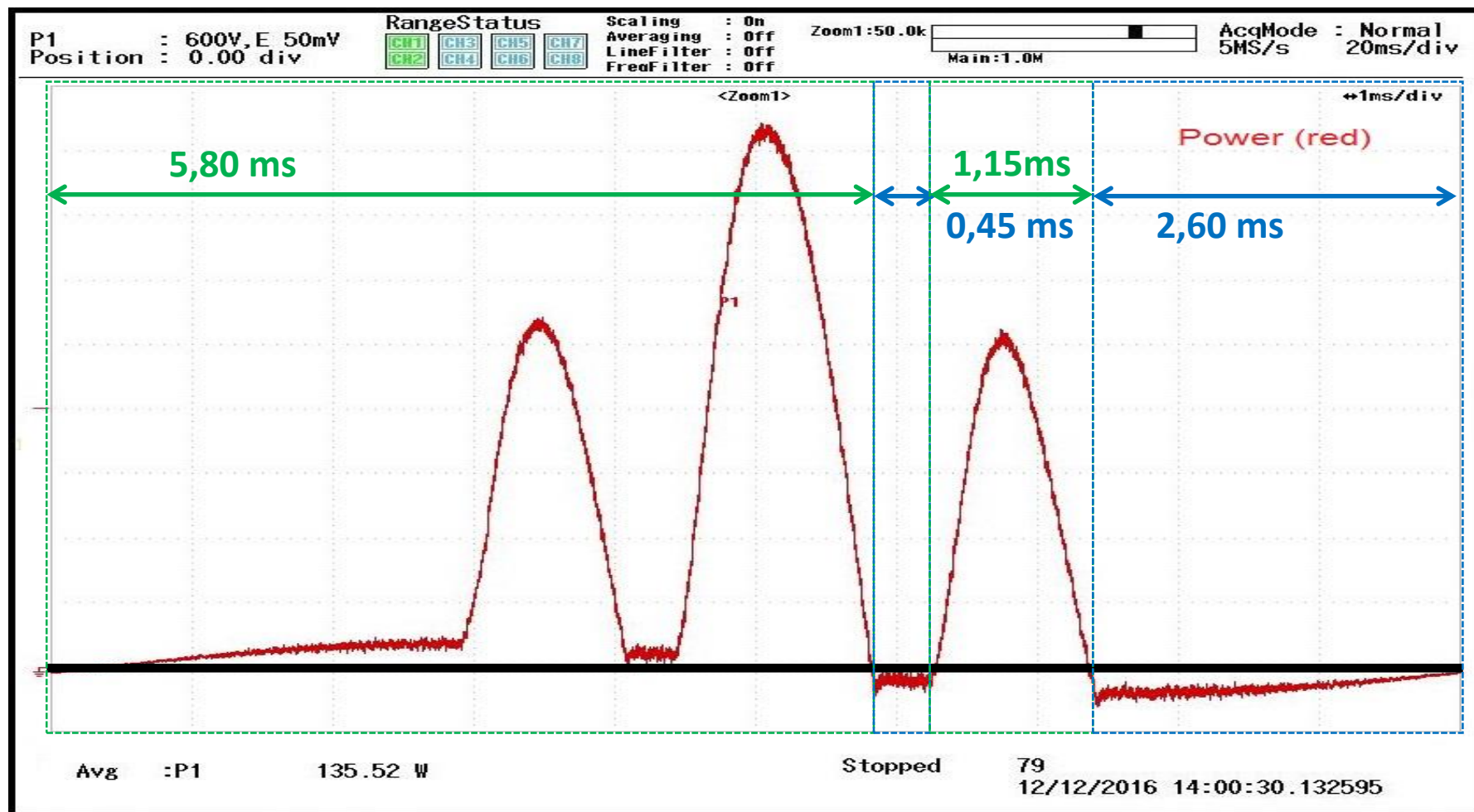
Come si calcola ?

~~Pattiva = $V \times I \times \cos\varphi$~~

Pattiva = $V \times I \times PF$

ANALISI DELLA POTENZA ISTANTANEA (PX8000)

La curva rappresenta l'andamento di assorbimento del load precedentemente definito



LOAD



STRUMENTO DI MISURA WT1800

Integration time [h:m:s] Time	Time from integration start to integration stop
Watt hours [Wh] WP WP+ WP-	<p>When the watt-hour integration method for each polarity is Charge/Discharge</p> $\left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{u(n) \cdot i(n)\} \right] \cdot \text{Time}$ <p>N is the integration time sampling count. The unit of Time is hours. WP is the sum of positive and negative watt hours. WP+ is the sum of the above equations for all iterations where $u(n) \cdot i(n)$ is positive. WP- is the sum of the above equations for all iterations where $u(n) \cdot i(n)$ is negative.</p>

Time []

WP [Wh]

WP+ [Wh]

WP- [Wh]

WS [VAh]

WQ [varh]

La funzione sopra descritta permette di misurare nel tempo gli effetti della potenza istantanea in termini energetici.

STRUMENTO DI MISURA WT1800

Misura eseguita sul load precedentemente definito (Time 5 min)

Voltage Current	Element5. 300V 1A
Urms [V]	230.06
Irms [A]	0.8738
P [W]	136.24
S [VA]	201.03
Q [var]	-147.83
λ []	0.6777

Time []	0:05:00
WP [Wh]	11.3516
WP+ [Wh]	11.9360
WP- [Wh]	-584.436m
WS [VAh]	16.7516
WQ [varh]	12.3190

Update 7040 (50msec)
2016/12/12 15:01:24

Analisi con utilizzo dei Valori Efficaci

$$S = V_{\text{eff}} * I_{\text{eff}} = 230,06 * 0,8738 = 201,03 \text{ VA}$$

$$P = V_{\text{eff}} * I_{\text{eff}} * \text{PF}(\lambda) = 201,03 * 0,6777 = 136,24 \text{ W}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{201,03^2 - 136,24^2} = 147,83 \text{ Var}$$

Il segno “ - ” indica carico di tipo capacitivo

Analisi con utilizzo delle Energie

$$S = \frac{WS}{Time} * 3600 = \frac{16,7516}{300} * 3600 = 201,02 \text{ VA}$$

$$P = \frac{WP}{Time} * 3600 = \frac{11,3516}{300} * 3600 = 136,22 \text{ W}$$

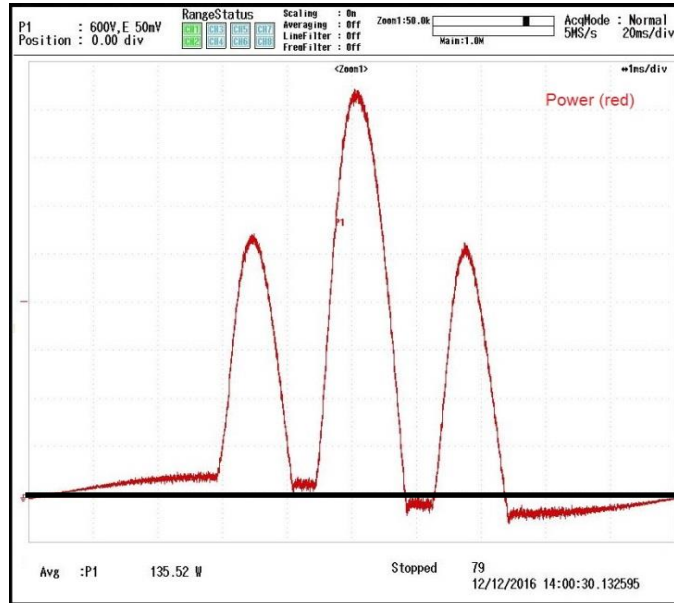
$$Q = \frac{WQ}{Time} * 3600 = \frac{12,3190}{300} * 3600 = 147,83 \text{ Var}$$

WP+ ??????

WP- ??????

POTENZA ATTIVA TRASMESSA MISURA WT1800 -PX8000

Misura con PX8000



Si effettua il
 Modulo
 della potenza
 istantanea $P(t)$
 $P(t)$ positiva
 resta positiva
 $P(t)$ negativa
 diventa positiva



Misura con PX8000



Potenza Attiva Trasmessa 151,56 W

Misura con WT1800

Element5	
Time []	0:05:00
WP [Wh]	11.3516
WP+ [Wh]	11.9360
WP- [Wh]	-584.436m
Update 7040 (50msec)	
2016/12/12 15:01:24	

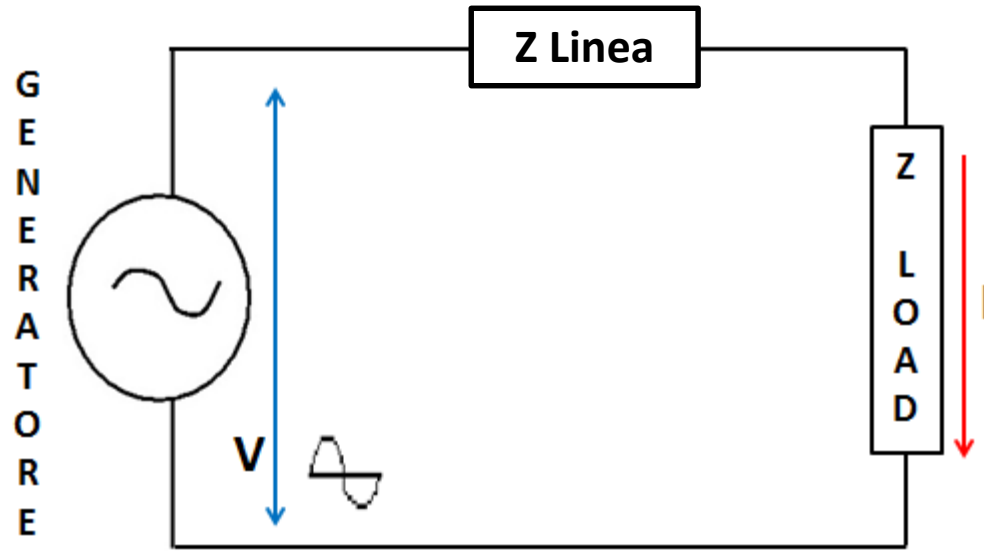
Calcolo della Potenza Attiva Trasmessa con utilizzo dei dati energetici rilevati con WT1800

$$|WP +| + |WP -| = |11,9360| + |-0,584436| = 12,5204 \text{ Wh}$$

$$\frac{12,5204}{300} * 3600 = 150,25 \text{ W}$$

Analisi Effetto Linea

I regimi distorti che effetti producono su una linea elettrica?

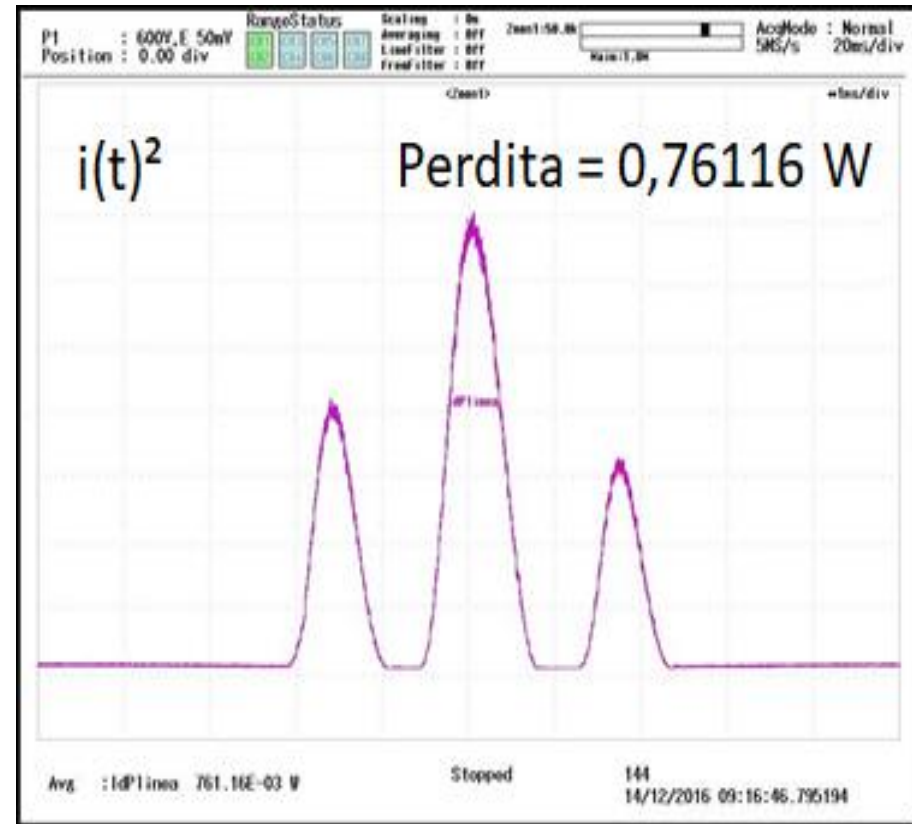
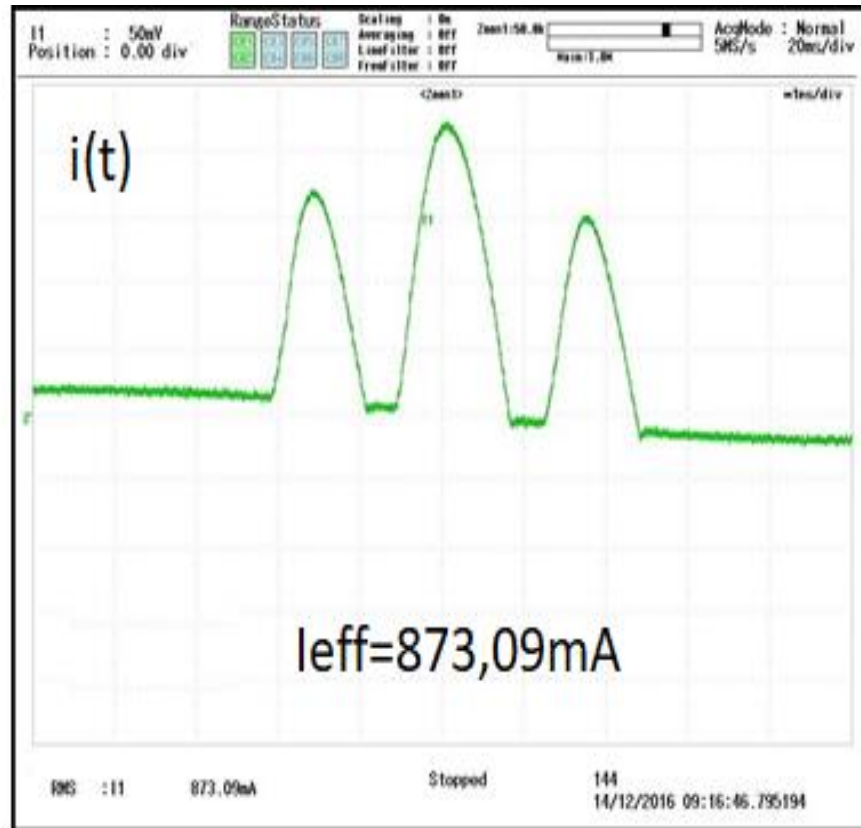


Per semplificare l'analisi sugli effetti della linea
si ipotizza empiricamente che la linea stessa sia puramente resistiva
con $R=1\Omega$

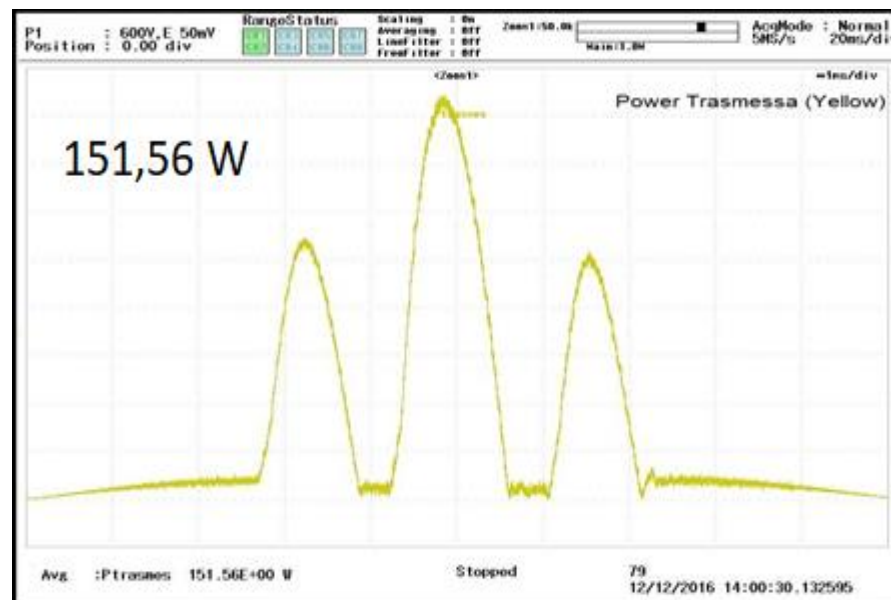
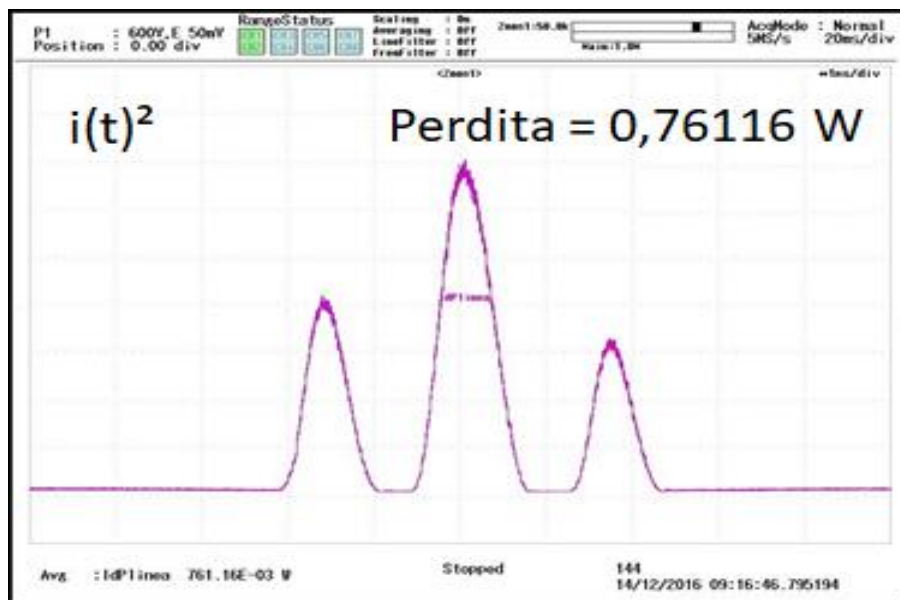
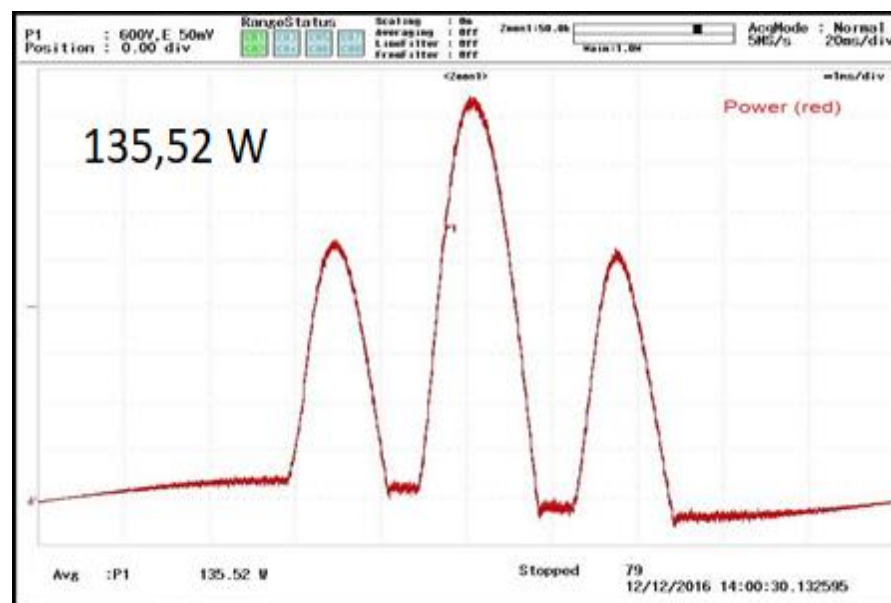
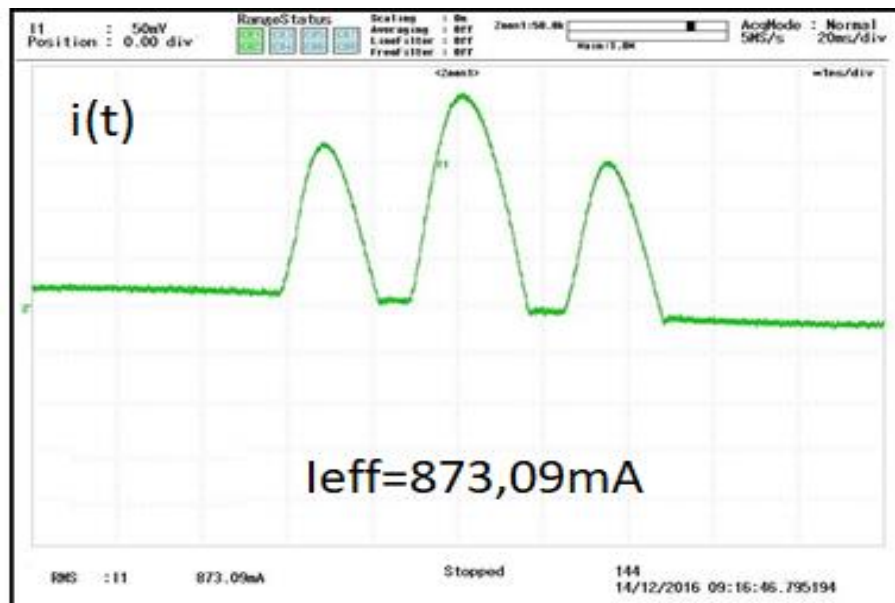
Le perdite sulla linea sono direttamente proporzionali al quadrato
della corrente istantanea $i(t)$

$$P_{\text{perdita_linea}}(t) = R * i(t)^2 = 1 * i(t)^2 = i(t)^2$$

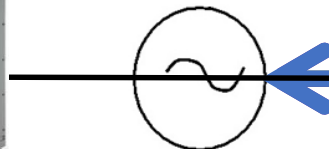
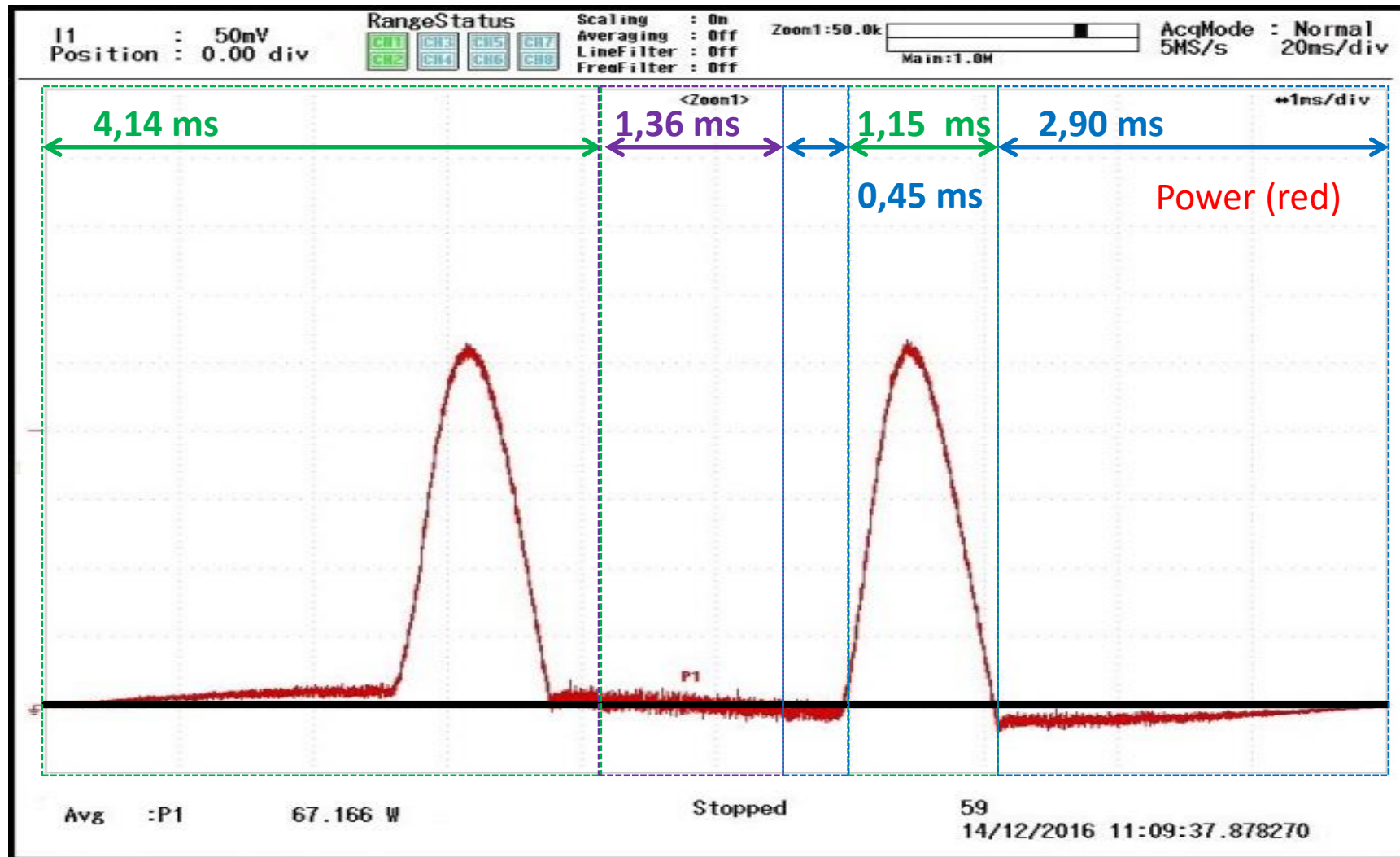
Analisi Effetto Linea



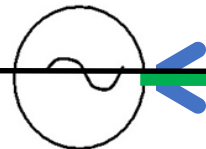
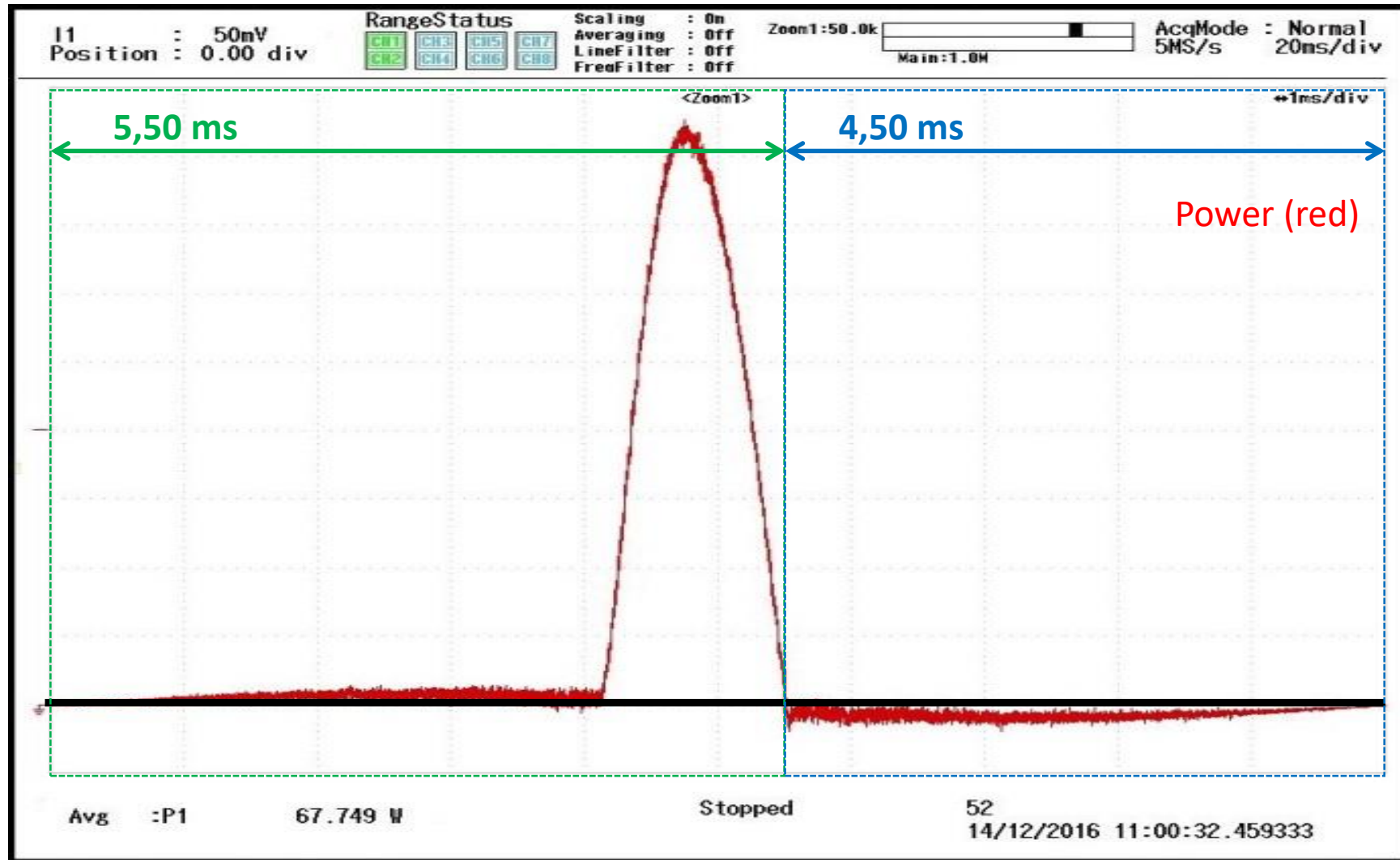
Segnali Elettrici in Regime Distorto



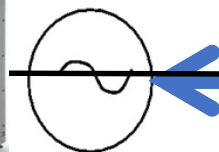
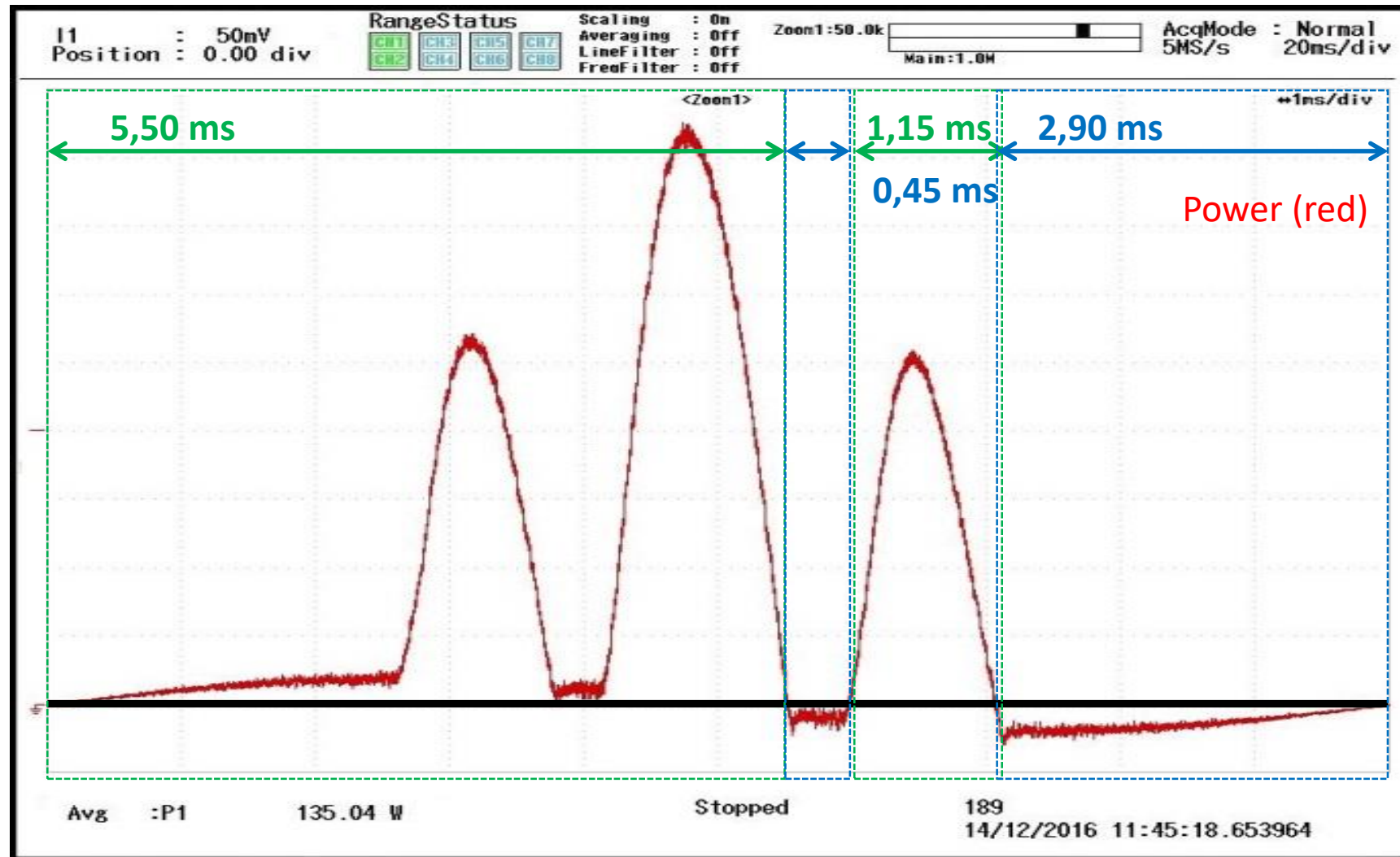
Analisi Potenza Istantanea con il solo switching trifase



Analisi Potenza Istantanea con il solo switching monofase



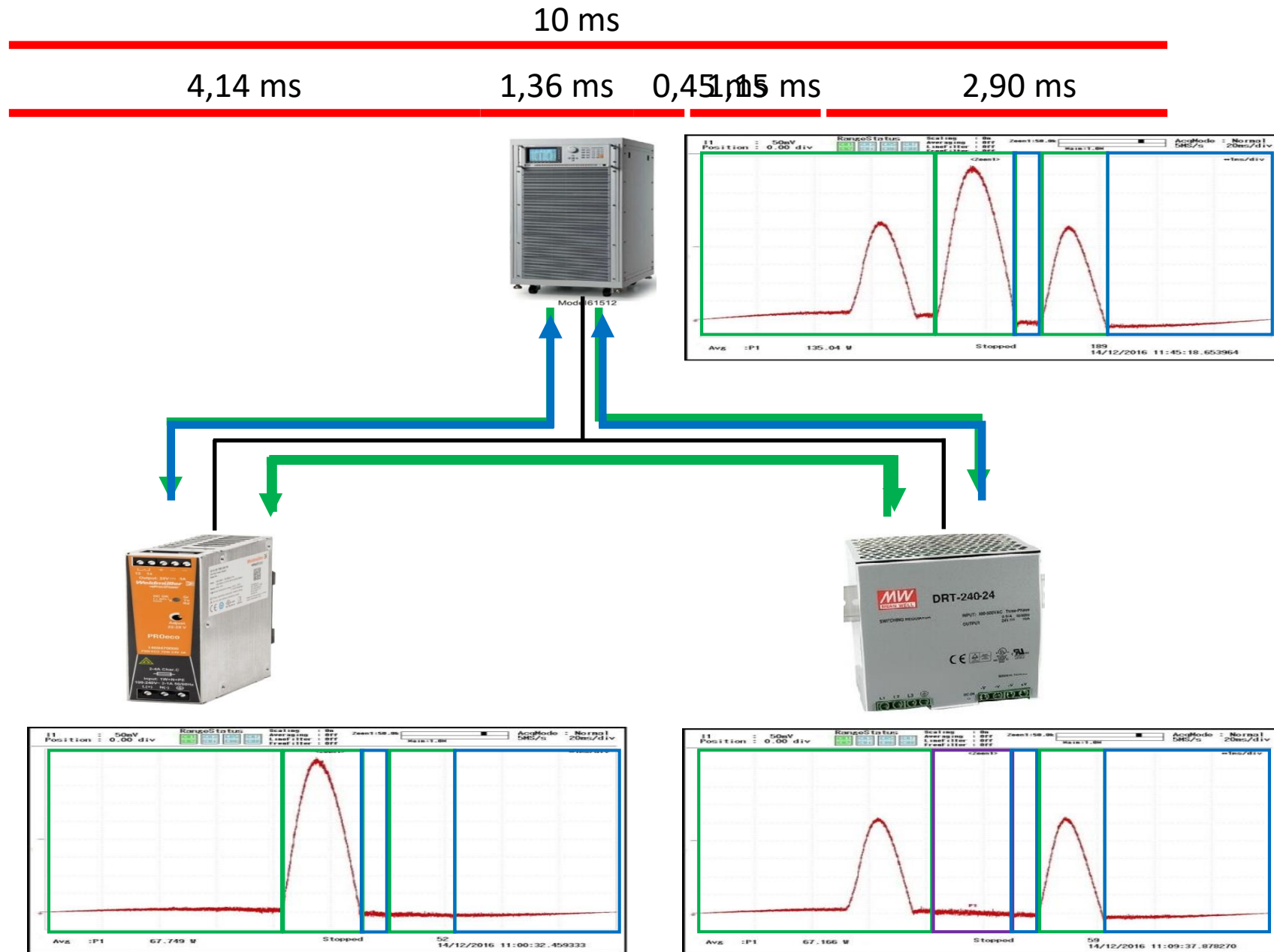
Analisi Potenza Istantanea



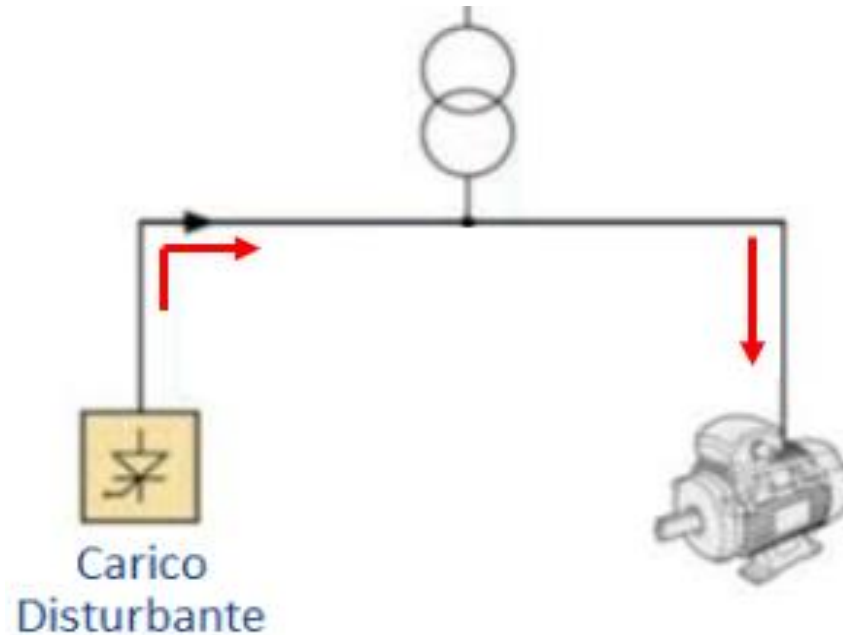
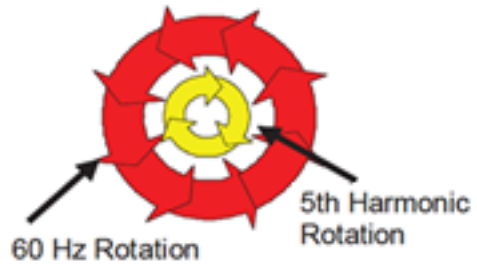
LOAD



Analisi Potenza Istantanea in un network (palleggiamento)

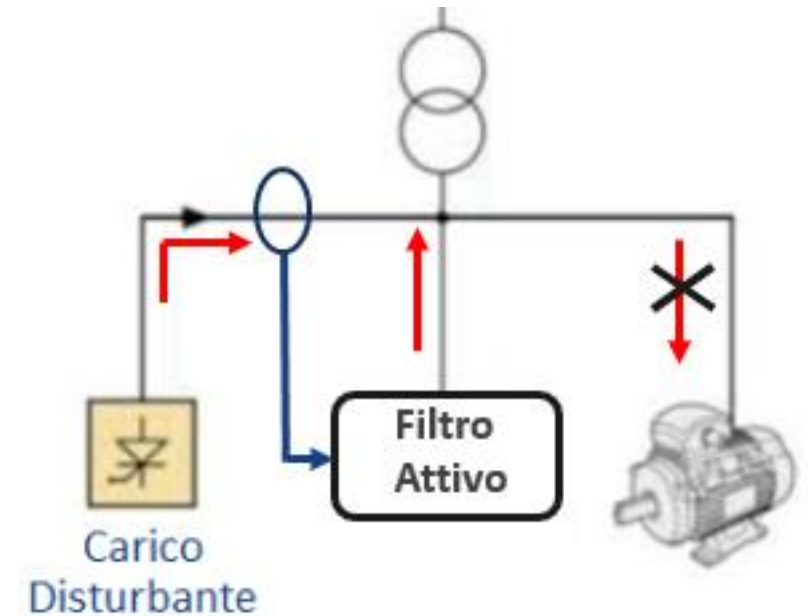
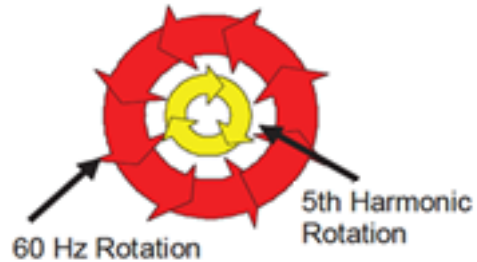
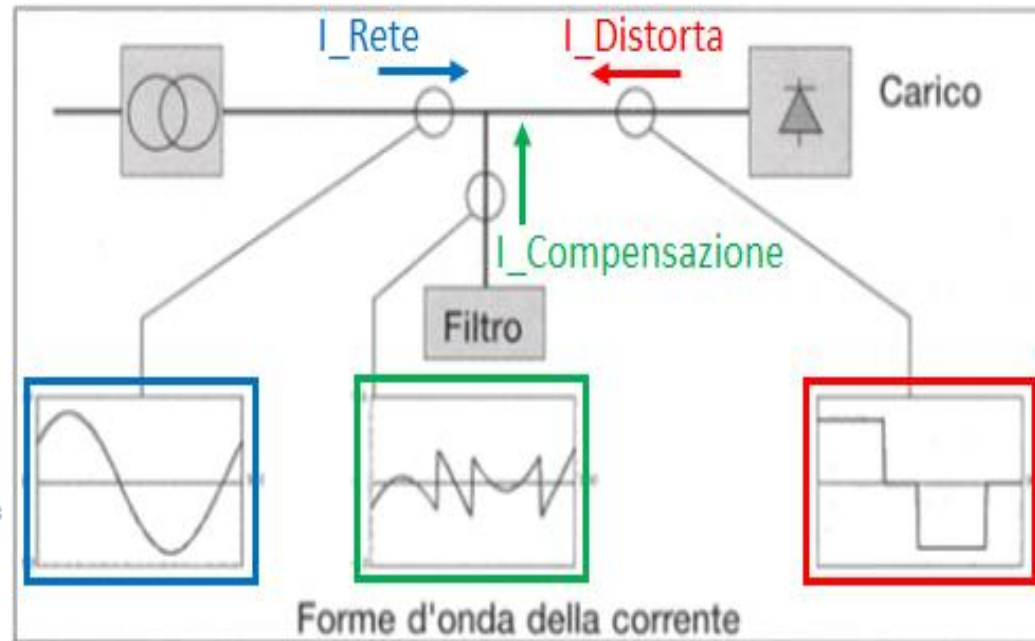


Bassa Power Quality – Conseguenze – Costi Benefici



Il punto in cui si applica il filtro che effetti produce sull'intero network in termini di modifica del palleggiamento?

Bassa Power Quality – Conseguenze – Costi Benefici

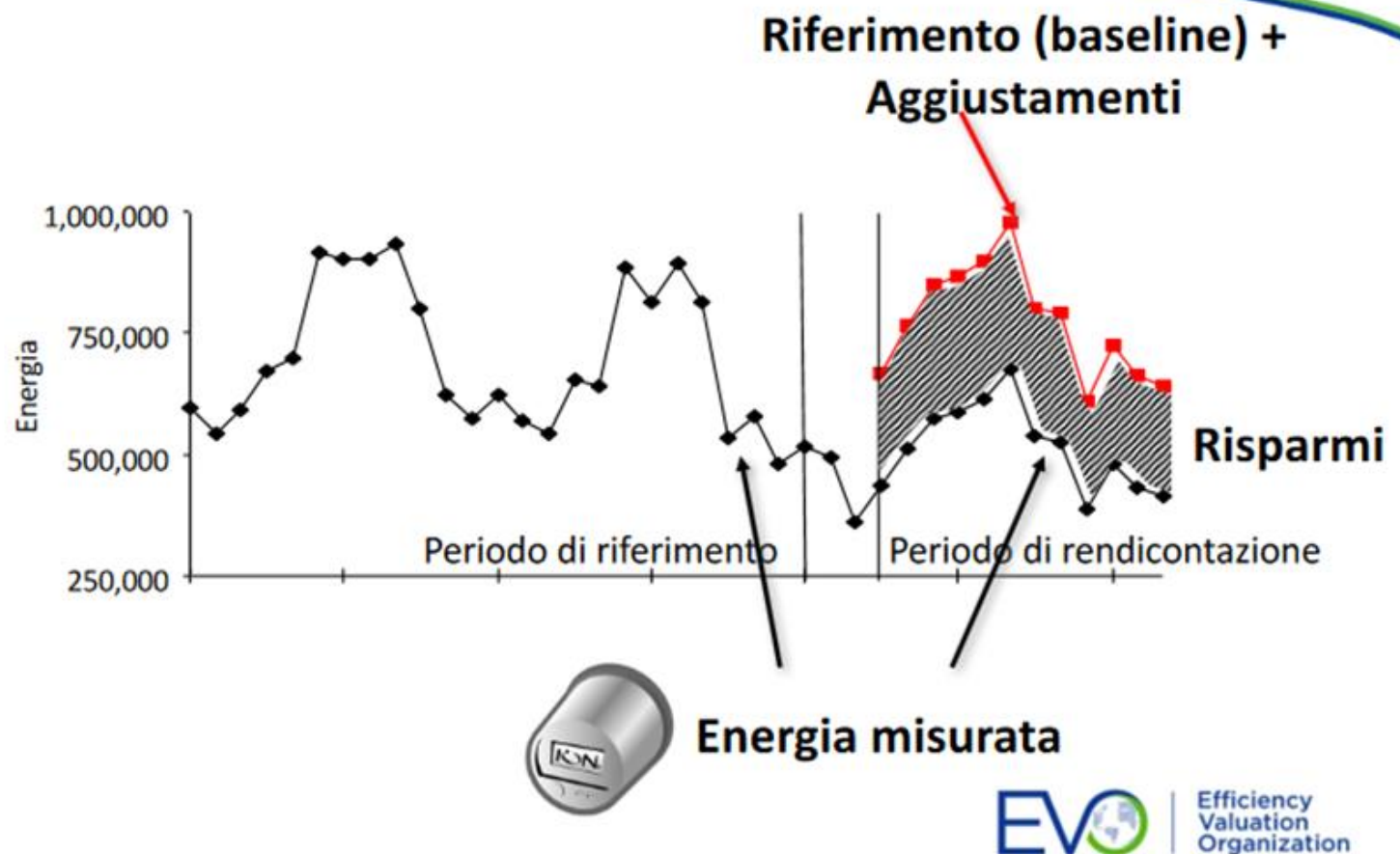


Il punto in cui si applica il filtro che effetti produce sull'intero network in termini di modifica del palleggiamento?

Misurabilità del Risparmio di un dispositivo di efficientamento energetico

ARGOMENTO COMPLESSO

Misurabilità del Risparmio



Misura e Verifica delle prestazioni energetiche IPMVP

- Gli Aggiustamenti possono essere banali, semplici o complessi.
- Possono consistere in calcoli ingegneristici.
- L'entità degli Aggiustamenti dipende da:
 - la necessità di accuratezza,
 - la complessità dei fattori che determinano il consumo di energia,
 - la quantità delle apparecchiature di cui valutare le prestazioni (cioè il 'perimetro di misura'), e,
 - il budget disponibile

Misurabilità del Risparmio con Macro Dati in ambito elettrico



Dati Reali

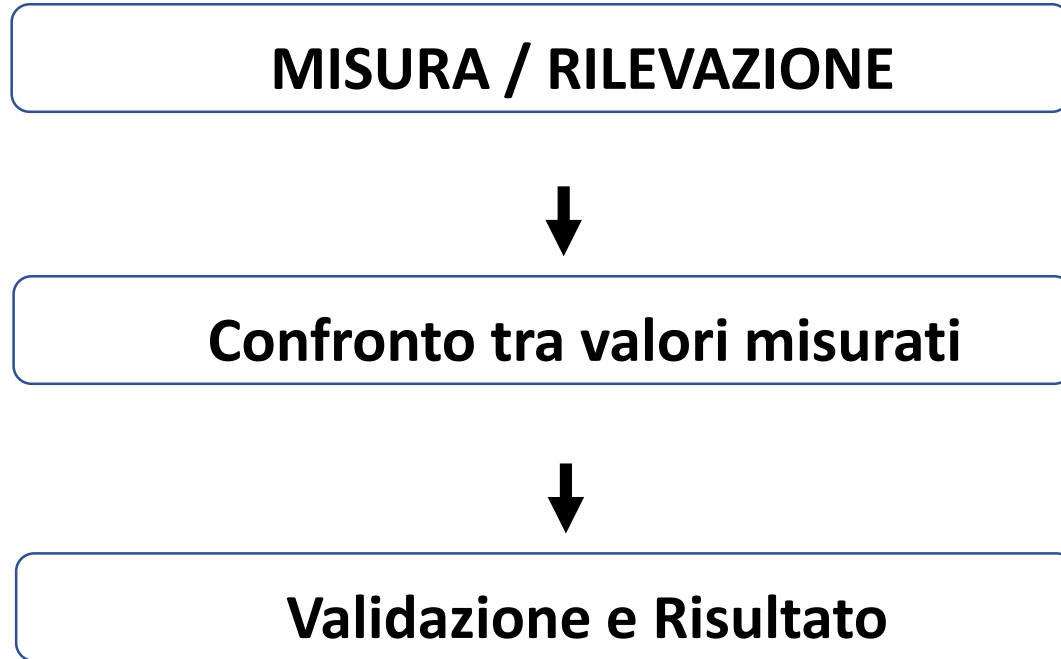
Elaborazione del Dato

**Variabili al Contorno
Temperatura, Produzione, ecc..**

**Periodo di Riferimento
confrontato con
Periodo di Rendicontazione**

Stima del Risparmio

Misurabilità del Risparmio con Micro Dati in ambito elettrico



Dati Reali

**Periodo di Riferimento
confrontato con
Periodo di Rendicontazione**

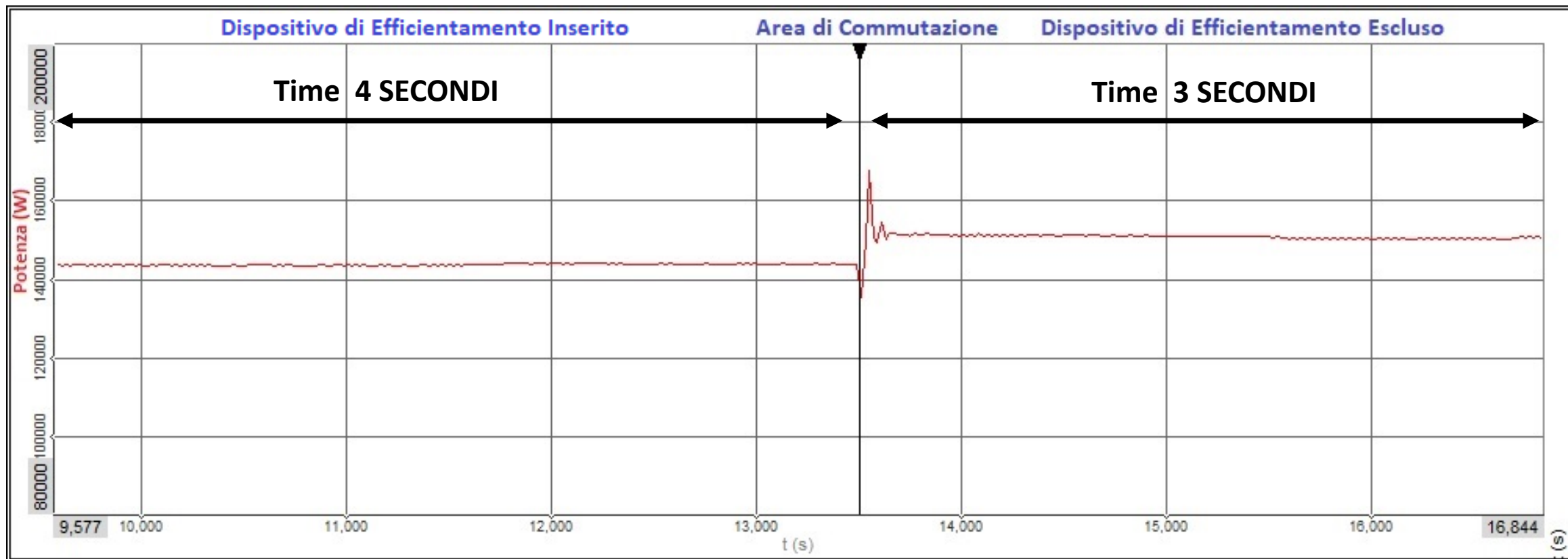
Stima del Risparmio

Le Tecnologie di Misura ad alta frequenza di campionamento permettono di analizzare i dati elettrici con precisione e oggettività.

Misurabilità del Risparmio con Micro Dati ad alta frequenza di campionamento

Periodo di Rendicontazione

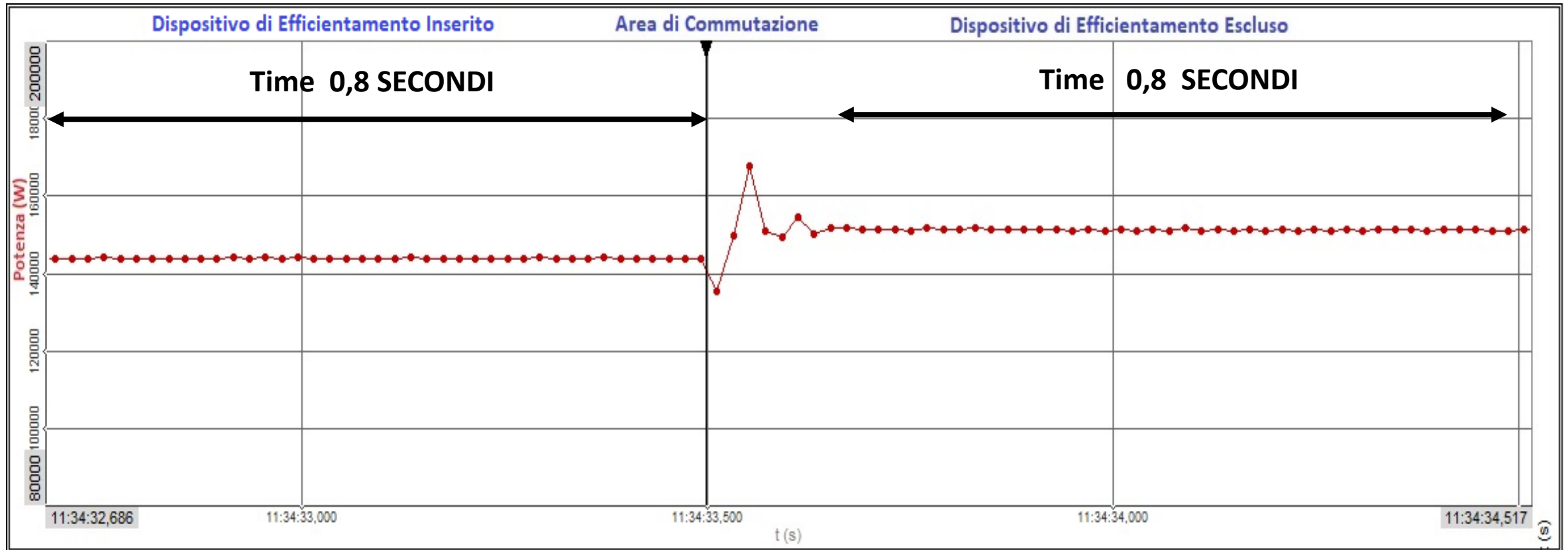
Periodo di Riferimento



Misurabilità del Risparmio con Micro Dati ad alta frequenza di campionamento

Periodo di Rendicontazione

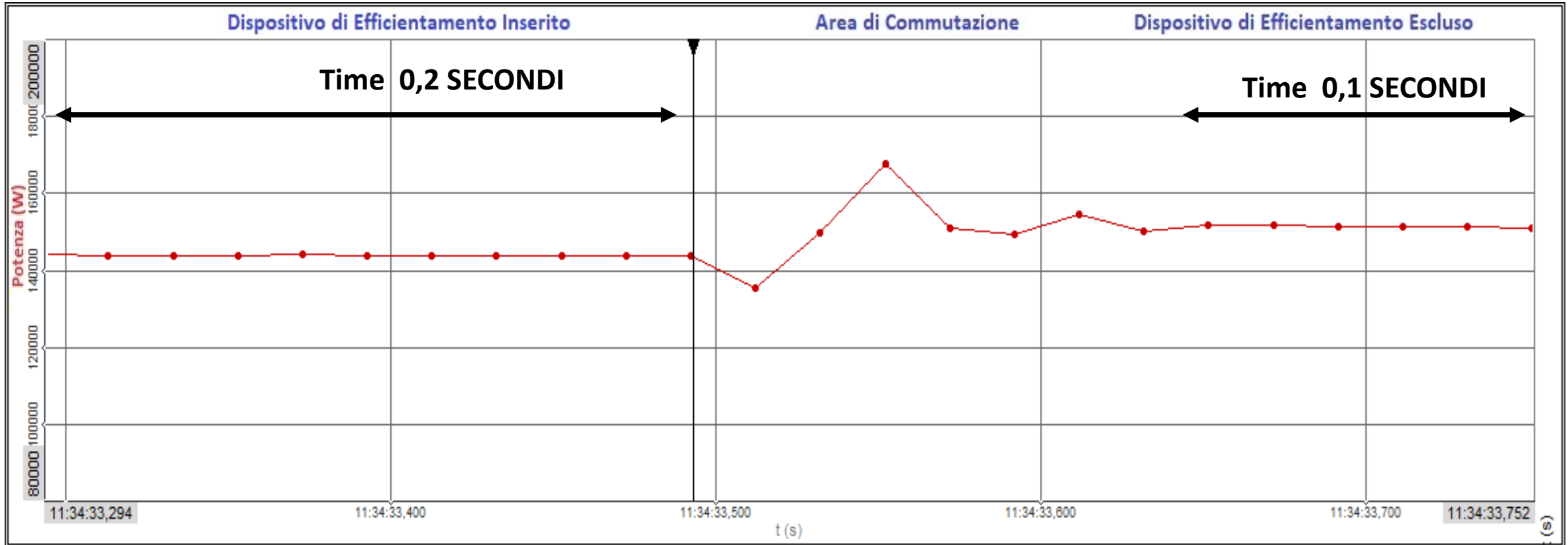
Periodo di Riferimento



Misurabilità del Risparmio con Micro Dati ad alta frequenza di campionamento

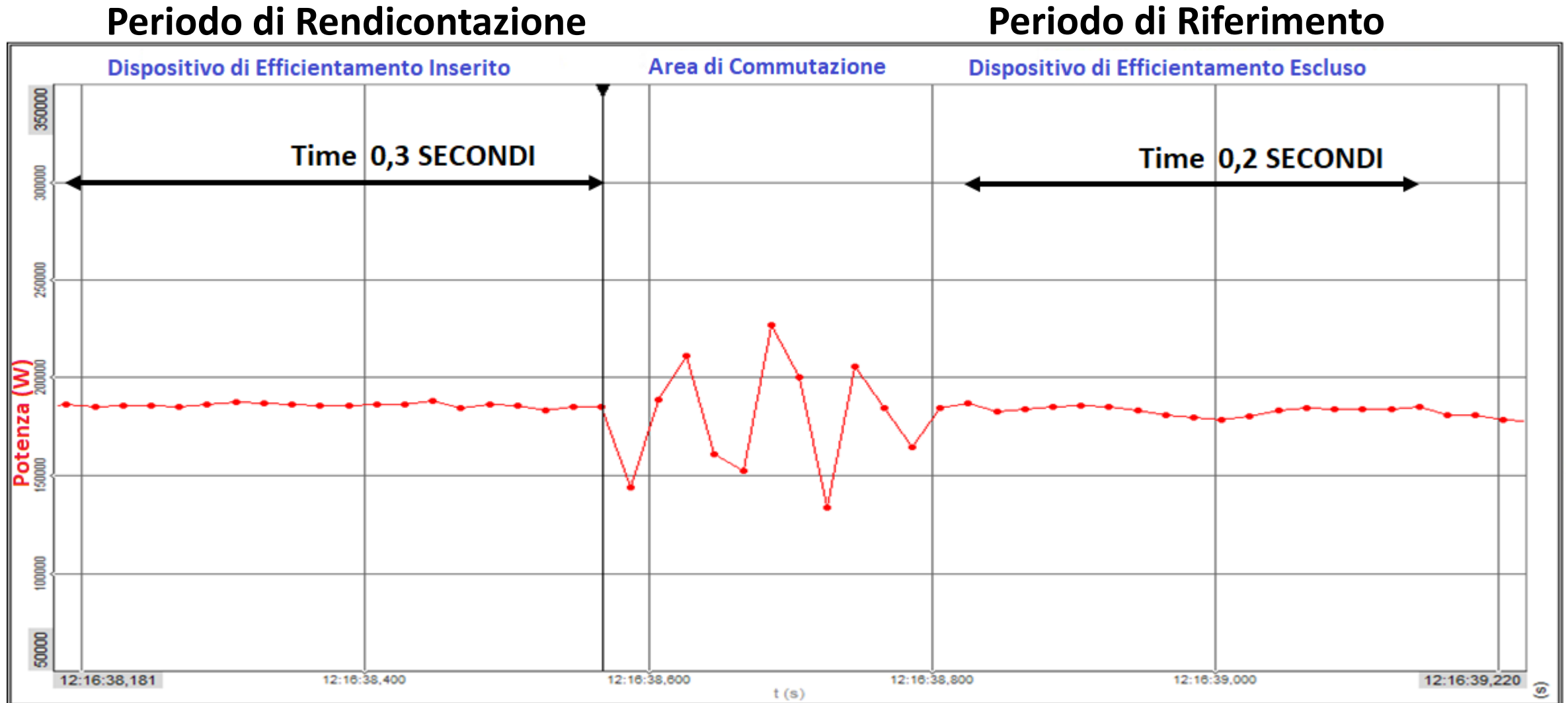
Periodo di Rendicontazione

Periodo di Riferimento



Confronto Oggettivo al netto delle variabili al contorno

Misurabilità del Risparmio con Micro Dati ad alta frequenza di campionamento



Confronto Oggettivo al netto delle variabili al contorno

Misurabilità del Risparmio Confronto Micro Dati con Macro Dati

Analisi Micro Dati

MISURA / RILEVAZIONE



Confronto tra valori misurati



Validazione e Risultato

Analisi Macro Dati

MISURA / RILEVAZIONE



Analisi con calcoli ingegneristici



Aggiustamento del Dato



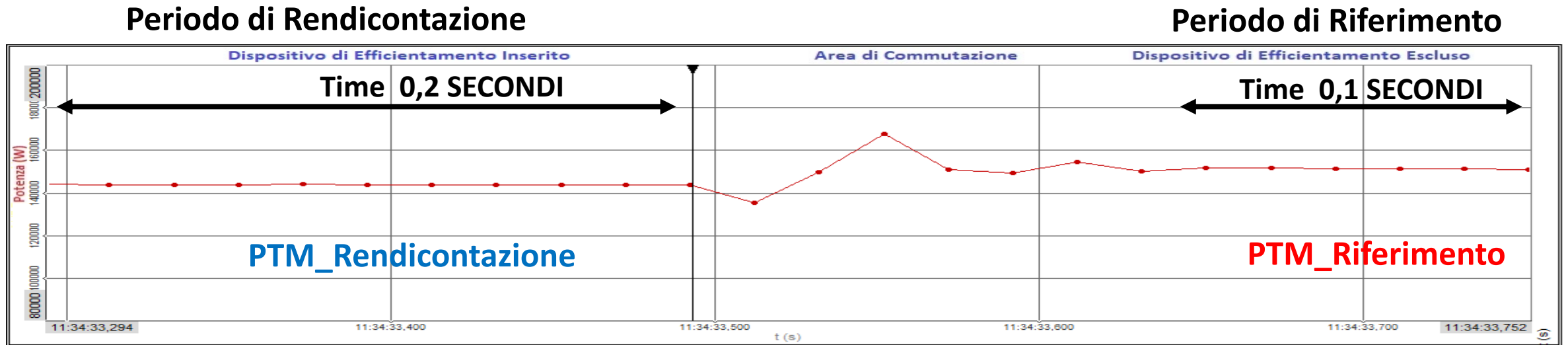
Confronto tra valori calcolati



Validazione e Risultato

- Se l'Analisi Micro Dati (oggettiva) concorda con l'Analisi Macro Dati => OK.
- Se l'Analisi Micro Dati (oggettiva) non concorda con l'Analisi Macro Dati è opportuno rielaborare l'Analisi Macro Dati.

Misurabilità del Risparmio



$$\%_{\text{Efficientamento}} = \left(1 - \frac{\text{PTM_Rendicontazione}}{\text{PTM_Riferimento}}\right) \times 100 > 0 \Rightarrow \text{PTM_Rendicontazione} < \text{PTM_Riferimento}.$$

$$\text{PTM_Rendicontazione} \times \text{tempo} = \text{Energia_Rendicontazione}$$

$$\text{PTM_Riferimento} \times \text{tempo} = \text{Energia_Riferimento}$$

per cui $\text{Energia_Rendicontazione} < \text{Energia_Riferimento}$.

Se è verificata questa situazione $\text{Energia_Rendicontazione} < \text{Energia_Riferimento}$

è plausibile pensare che anche analizzando nel lungo periodo i dati energetici si possa riscontrare il medesimo risultato: $\text{Energia_Rendicontazione} < \text{Energia_Riferimento}$. Altrimenti NO.



Filtro passivo induttivo dinamico trifase di tipo ibrido a gestione elettronica, collegato in serie tra la sorgente di alimentazione e il carico.

Gestisce nell'ottica dell'efficientamento:

- la forma d'onda della corrente
- la Potenza Trasmessa
- le Perdite di Linea
- il palleggiamento di energia nel network



E-Power chiuso



E-Power aperto

Tecnologia di filtraggio brevettata

La base per lo sviluppo del sistema E-Power arriva dalla tecnologia audio e acustica, dove le *distorsioni* sono indesiderabili rumori di fondo che possono essere attenuati con opportune tecnologie di filtraggio. A tale scopo vengono utilizzati degli opportuni anelli di controllo retroazionato (trasduttori) che migliorano la qualità della trasmissione del suono. I *disturbi* sono presenti anche negli impianti elettrici, a causa dei moderni utilizzatori a potenza stabilizzata che peggiorano la qualità dell'energia causando *perdite* nella trasmissione elettrica.



Le soluzioni adottate nell'area audio e acustica sono state le basi per la ricerca e lo sviluppo del sistema E-Power, con l'obiettivo di ridurre le perdite presenti nell'impianto elettrico e ottimizzare la trasmissione dell'energia. **Con tale scopo e dopo anni di ricerca e importanti investimenti, il dipartimento di Ricerca e Sviluppo di Energia Europa ha progettato e sviluppato uno speciale trasformatore di isolamento per ottimizzare gli effetti di filtraggio sull'impianto elettrico.** La scelta dei materiali utilizzati, la giusta combinazione di peso e il calibrato rapporto degli avvolgimenti, **sono stati cruciali per il raggiungimento del risultato voluto.**

Cosa può fare il sistema E-Power

Il Filtro Brevettato opportunamente costruito basato sull'elettromagnetismo, permette di:

- Ridurre le perdite sulla linea
- Migliorare la qualità della potenza intervenendo sul contributo armonico
- Migliorare il fattore di potenza, lavorando anche sulla componente reattiva
- Migliorare l'efficienza energetica dell'impianto connesso
- Migliorare la qualità della tensione e della corrente
- Migliorare il bilanciamento delle grandezze elettriche
- Prolungare la vita media dei carichi elettrici
- Monitorare e controllare il funzionamento dell'impianto



Cosa non può fare il sistema E-Power

Miracoli...

“Energy Savings: You Can Only Save Energy That is Wasted”

(Risparmio energetico: puoi risparmiare solo l'energia che viene sprecata)

Arshad Mansoor and Roger Dugan

[Electric Power Research Institute \(EPRI\)](#)



Case Study – Retail

Cliente Auto..... - Misura dell'Efficientamento

Applicazione E-Power

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte da
Energia Europa S.p.A.

Dall'analisi
Micro Dati e Macro Dati
la % di efficientamento
risultante è stata pari a
5%

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte in contraddittorio da



ha confermato
la % di efficientamento
individuata da
Energia Europa S.p.A.

Case Study – Retail GDO

Cliente S.M..... - Misura dell'Efficientamento

Applicazione E-Power

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte da
Energia Europa S.p.A.

Dall'analisi
Micro Dati e Macro Dati
la % di efficientamento
risultante è stata pari a
5%

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte in contraddittorio da

IMQ

ha confermato
la % di efficientamento
individuata da
Energia Europa S.p.A.

Case Study – Industria

Cliente Nuova S..... - Misura dell'Efficientamento

Applicazione E-Power

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte da
Energia Europa S.p.A.

Dall'analisi
Micro Dati e Macro Dati
La % di efficientamento
risultante è stata pari a
4%

Misura e Verifica
prestazioni energetiche
condotte in contraddittorio da



ha confermato
la % di efficientamento
individuata da
Energia Europa S.p.A.



Save Energy. Save the planet.

Per informazioni:

www.energia-europa.com

dir.comm@energia-europa.com