

# **Operazione di rifasamento di un carico reattivo**

Indice:

Trasferimento di potenza ad un bipolo di impedenza $Z$ .....	3
Componenti della potenza istantanea.....	6
Potenza attiva: .....	6
Caso 1: sfasamento nullo .....	7
Caso 2: sfasamento $\theta = \frac{\pi}{4}$ .....	8
Caso 3: sfasamento $\theta = \frac{\pi}{2}$ .....	9
Caso 4: sfasamento $\theta = \pi$ .....	10
Considerazioni: .....	10
Potenza complessa: .....	11
Conclusioni: il problema del rifasamento .....	12

## Trasferimento di potenza ad un bipolo di impedenza Z

Com'è noto la potenza  $p(t)$  ceduta in ogni istante da una data sorgente ad un bipolo di impedenza Z è:

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

Laddove si è indicato con:

- $i(t)$  la corrente istantanea erogata dal generatore
- $v(t)$  la tensione istantanea erogata dal generatore

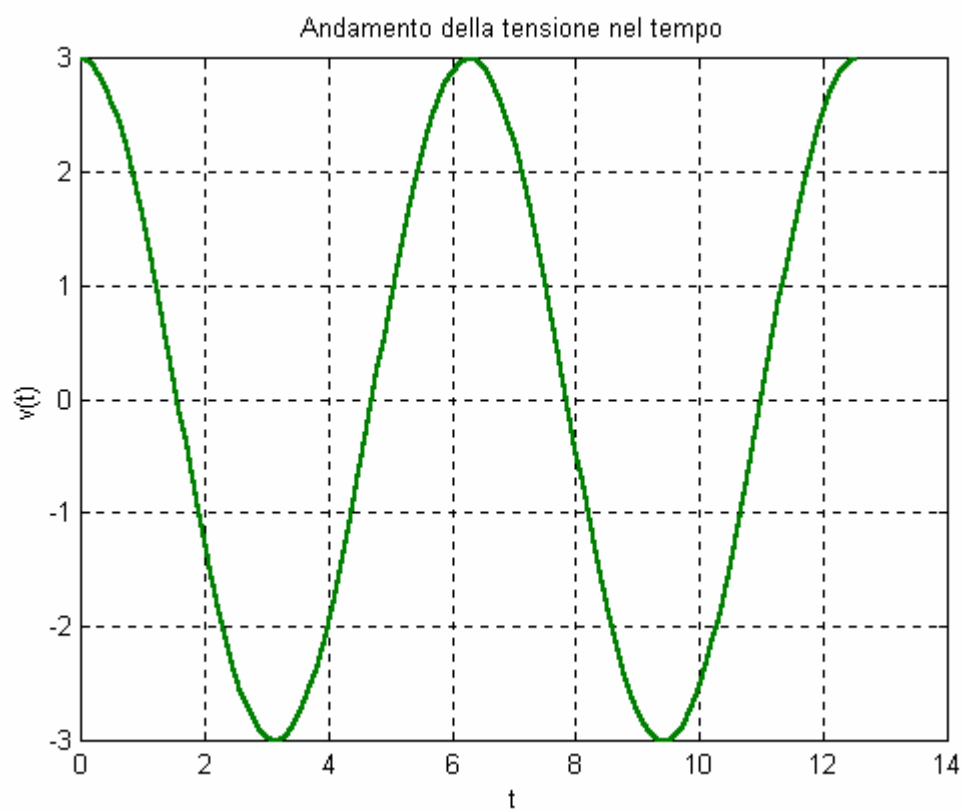
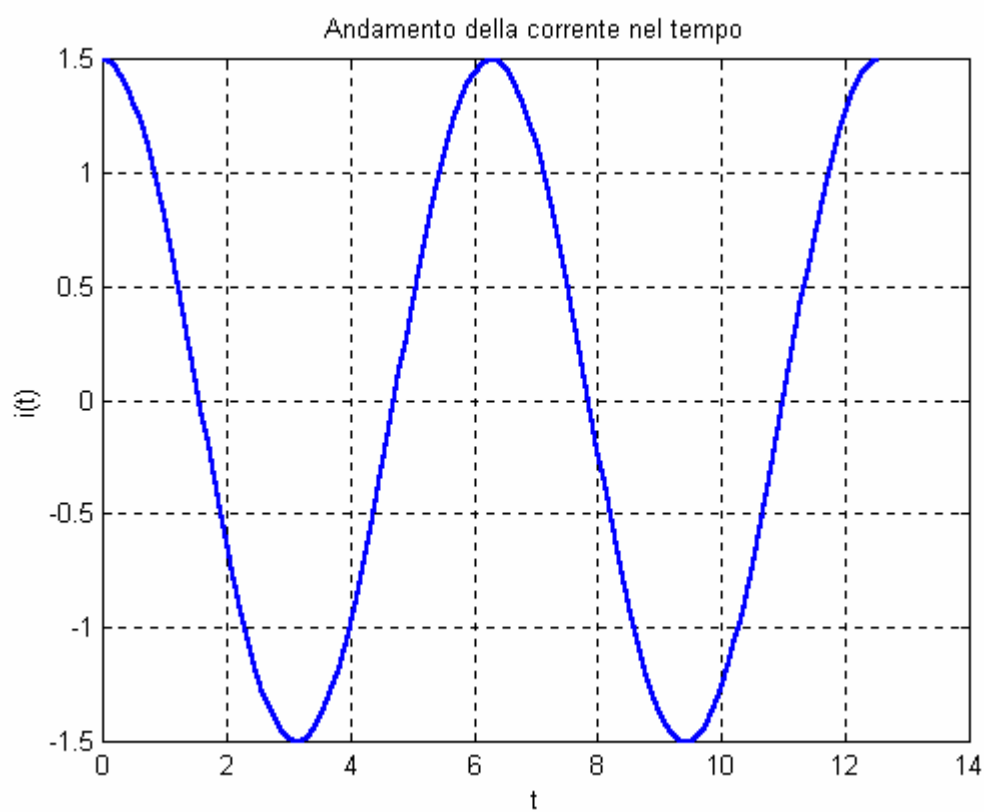
Tale quantità si misura in watt.

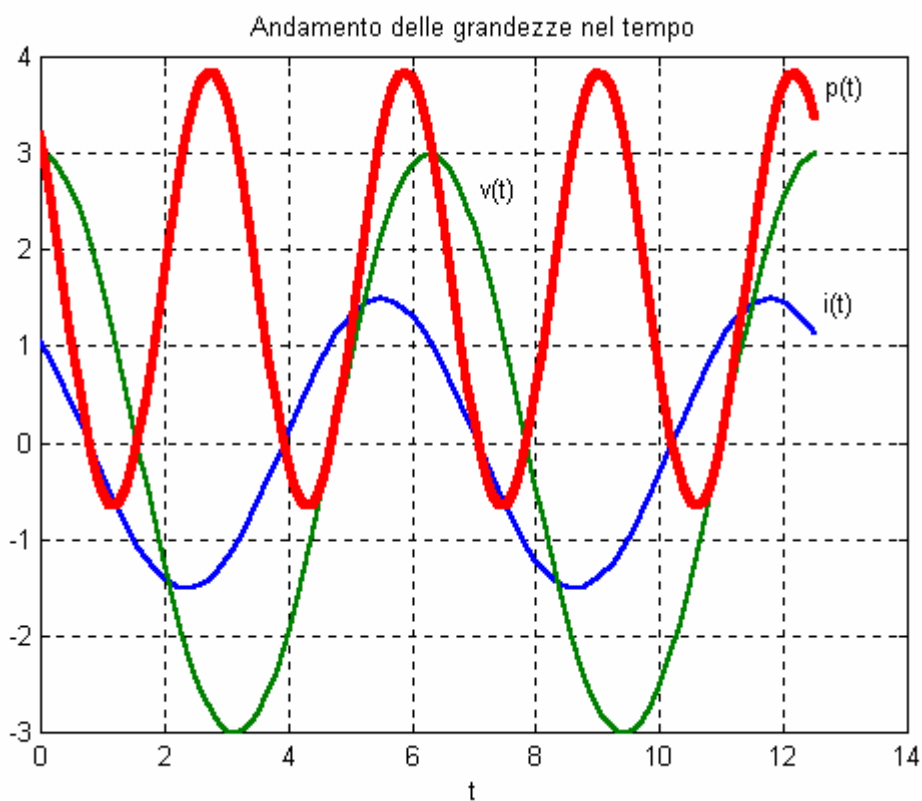
Nel caso in esame, la sorgente eroga tensione e corrente alternate.  
A regime (regime permanente sinusoidale) le grandezze  $v(t)$  ed  $i(t)$  hanno entrambe andamento sinusoidale isofrequenziale con pulsazione  $\omega$ :

$$\begin{aligned}i(t) &= I \cos(2\pi\omega t) \\v(t) &= V \cos(2\pi\omega t + \theta)\end{aligned}$$

Con  $\theta$  si è indicato lo sfasamento della tensione rispetto alla corrente. Tale sfasamento è sempre presente, al meno che non si agisca per eliminarlo, e rende conto del ritardo con cui viaggiano i due segnali.

Ponendo per esempio  $I=1.5$  Ampere e  $V=3$  Volt, si ha:





In questo esempio si ha  $\theta = \frac{\pi}{4}$ . Si noti come la potenza abbia frequenza doppia rispetto ai segnali (isofrequenziali) che la generano.

## Componenti della potenza istantanea

La potenza istantanea è costituita da:

1. una componente **costante** che rappresenta la potenza ceduta in media al carico e che viene chiamata *potenza attiva*
2. una componente **variabile** che viene chiamata *potenza complessa*.

### **Potenza attiva:**

Avendo indicato con  $\theta$  l'angolo di sfasamento tra corrente  $i(t)$  e tensione  $v(t)$ , la *potenza attiva* può essere calcolata come:

$$P_m = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \theta$$

La presenza del coefficiente 2 viene spesso resa superflua dall'uso *dei valori efficaci* :

$$I_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m$$

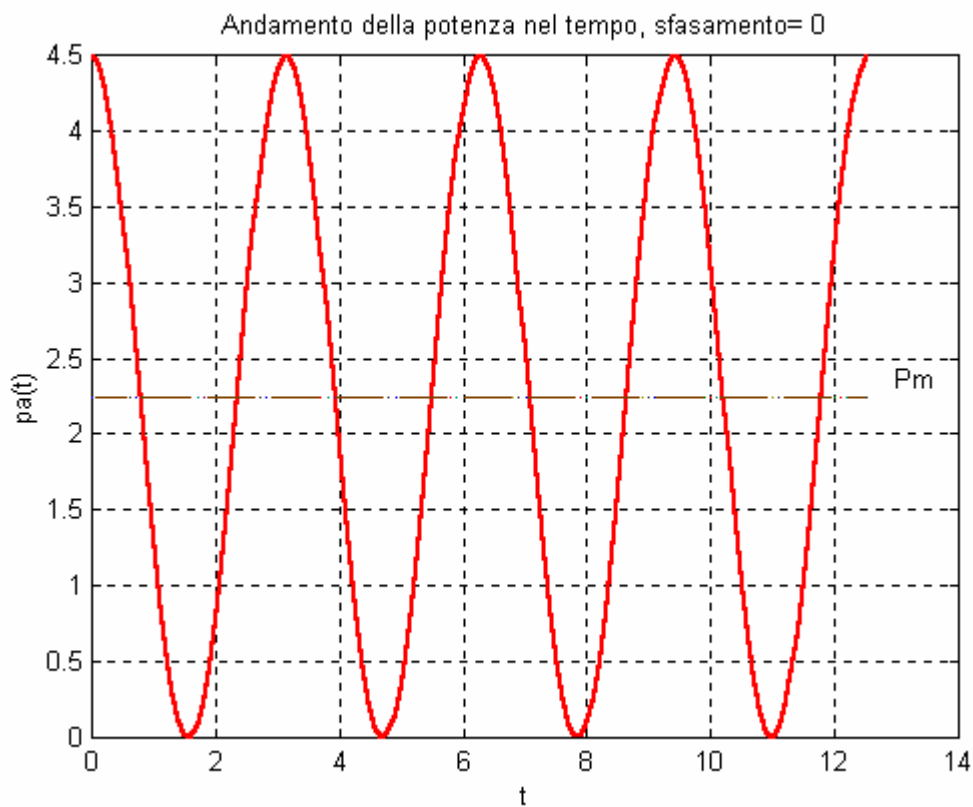
$$\Rightarrow P_m = V_{eff} I_{eff} \cos \theta$$

$$V_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m$$

La quantità  $\cos \theta$  prende il nome di *fattore di potenza* perché determina, come si vede dalla formula, la potenza effettivamente ceduta al carico.

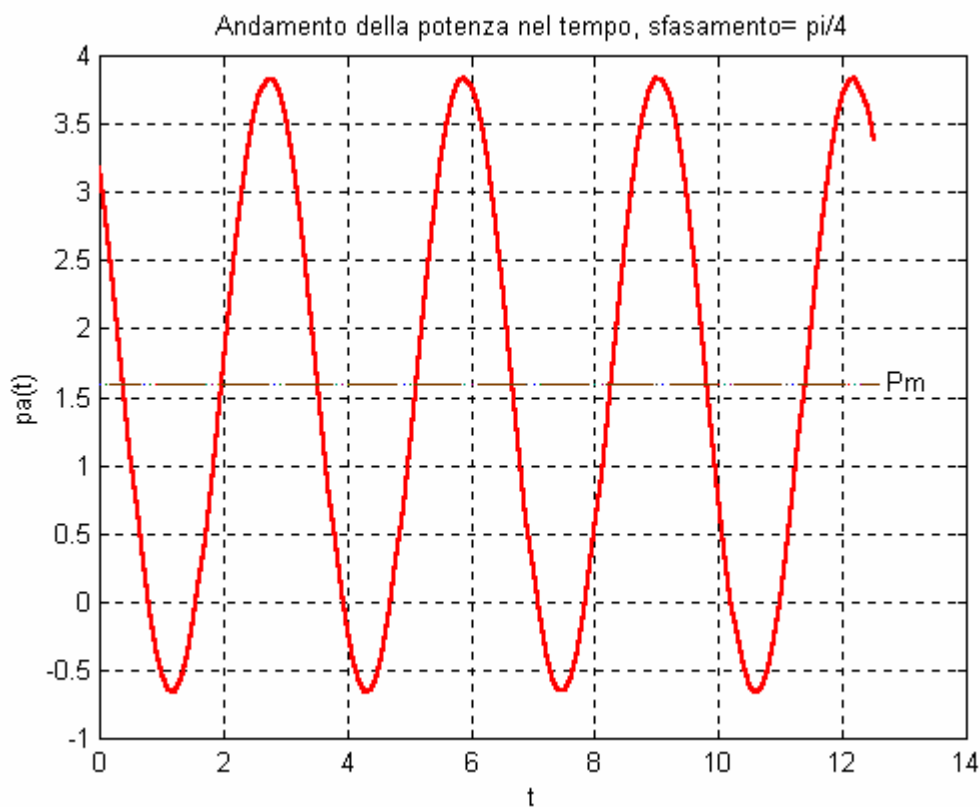
Nei grafici che seguono, si mostra come, anche con valori alti della corrente e della tensione, si possano avere valori piccoli o addirittura nulli della potenza attiva a causa dello sfasamento.

### Caso 1: sfasamento nullo



Come si nota in questo primo grafico, con uno sfasamento  $\theta = 0$  si ha una *potenza attiva*  $P_m \approx 2.3$  watt con i valori di corrente e tensione scelti per l'esempio. Questo è il caso in cui tra corrente e tensione non ci sono ritardi.

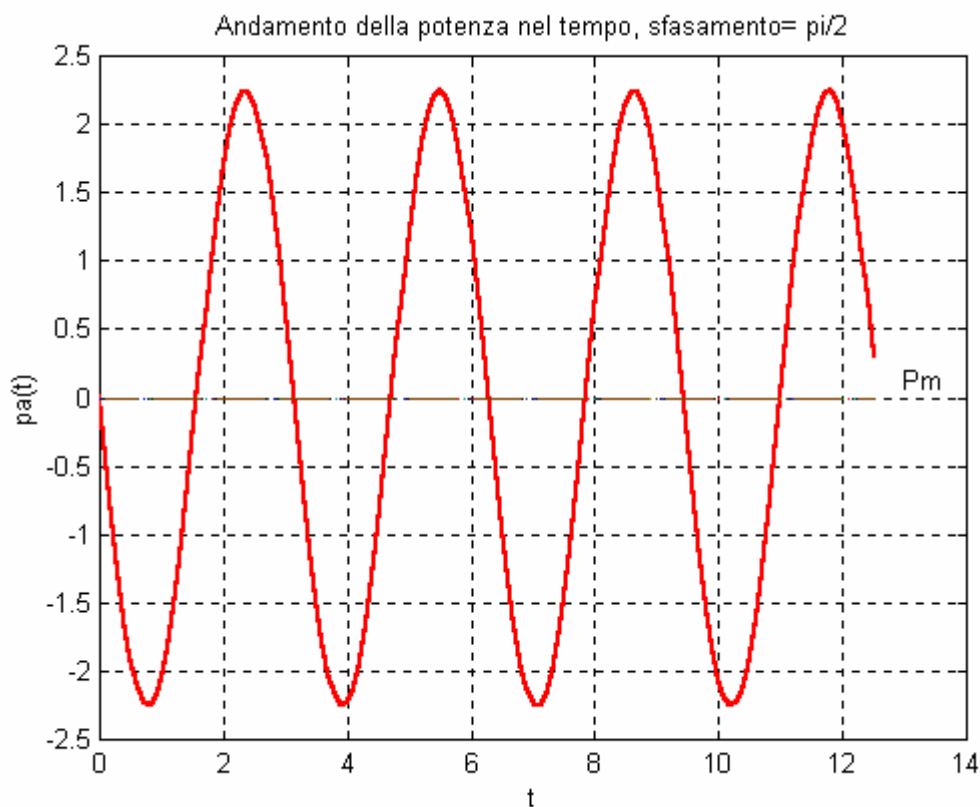
**Caso 2: sfasamento**  $\theta = \frac{\pi}{4}$



In questo secondo grafico si vede invece come, con uno sfasamento  $\theta = \frac{\pi}{4}$  si ha una *potenza attiva*  $P_m \approx 1.6$  watt. Rispetto al caso precedente, in cui si aveva  $\theta = 0$  si ha una perdita di potenza attiva del 30%.

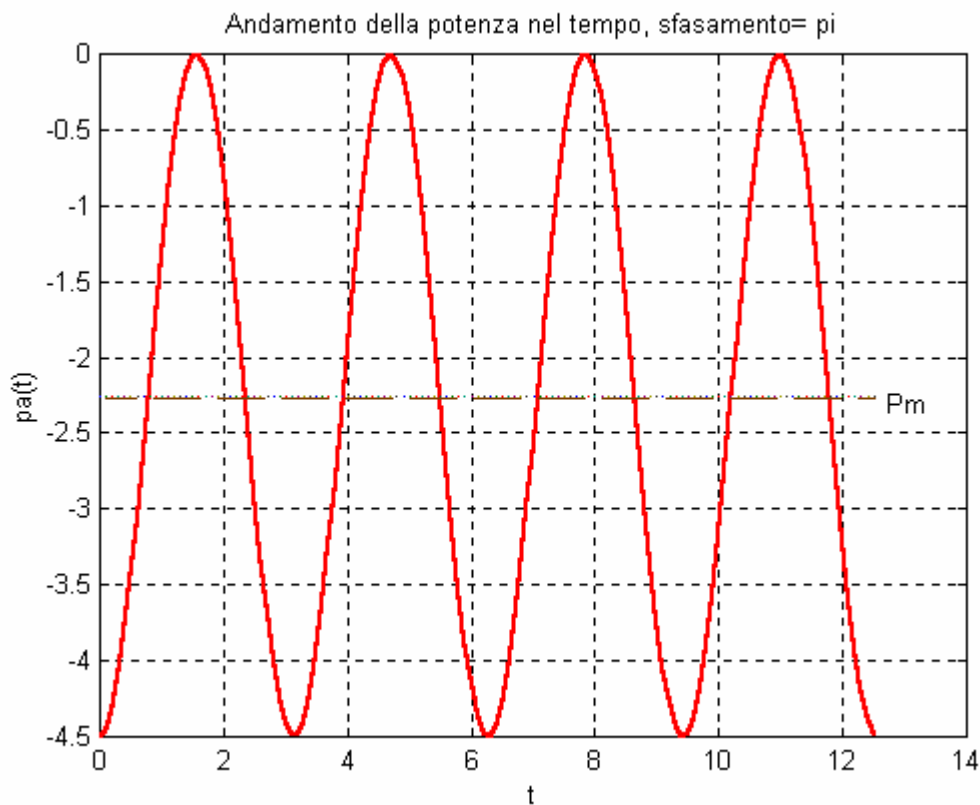


**Caso 3: sfasamento**  $\theta = \frac{\pi}{2}$



In questo grafico si mostra come, con uno sfasamento  $\theta = \frac{\pi}{2}$  si ha una *potenza attiva* nulla:  $P_m = 0$ . Si tratta naturalmente del caso peggiore, caso sempre da evitare. Mentre infatti non viene ceduta alcuna potenza attiva al carico, si hanno delle forti perdite nei consumi energetici dovute all'effetto Joule.

#### Caso 4: sfasamento $\theta = \pi$



In quest'ultimo grafico si vede invece come, con uno sfasamento  $\theta = \pi$  si ha una *potenza attiva*  $|P_m| \approx 2.3$ , come nel caso in cui non si avevano ritardi e risultava  $\theta = 0$ .

#### **Considerazioni:**

Quello che è emerso dagli esempi riportati è che la potenza attiva ceduta ad un carico reattivo può variare da un massimo ad un minimo, a seconda dello sfasamento  $\theta$  della tensione rispetto alla corrente.

Nasce da qui la grande importanza dell'operazione di **rifasamento** di un circuito reattivo che si rende di tanto in tanto necessaria.

### **Potenza complessa:**

La componente variabile della potenza istantanea è chiamata *potenza complessa* ed è dovuta in parte all'andamento sinusoidale delle grandezze in gioco, in parte alla presenza di elementi immagazzinatori di energia. In particolare l'effetto di questi ultimi elementi è quello di innescare uno scambio energetico tra il generatore ed il dipolo e la grandezza scambiata prende il nome di *potenza reattiva*.

Avendo indicato con  $\theta$  l'angolo di sfasamento tra corrente  $i(t)$  e tensione  $v(t)$ , la *potenza reattiva* può essere calcolata come:

$$P_r = \frac{1}{2} V I \sin \theta$$

Anche in questo caso la presenza del coefficiente 2 viene spesso resa superflua dall'uso dei *valori efficaci* :

$$I_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} I$$

$$\Rightarrow P_r = V_{eff} I_{eff} \sin \theta$$

$$V_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} V$$

La *potenza reattiva* deve essere fornita dal generatore esattamente come quella *attiva*, anche se alla fine non viene trasferita al carico, e questo dà luogo a delle perdite sia sulla resistenza interna del generatore che sulle linee di trasporto.

## Conclusioni: il problema del rifasamento

L'assorbimento di *potenza reattiva* deve essere pagato al fornitore di energia elettrica esattamente come quello di *potenza attiva* e, trattandosi di uno spreco, i casi anomali di grandi assorbimenti di *potenza reattiva* vanno segnalati al più presto all'utente.

Il problema del **rifasamento** di un circuito reattivo si presenta perché ad una *potenza attiva* è sempre associata una *potenza reattiva* secondo le formule:

$$1. \quad P_m = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos \theta$$

$$2. \quad P_r = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin \theta$$

Per risolvere questo problema si introducono dei circuiti, detti **rifasatori**, il cui scopo è quello di annullare l'angolo  $\theta$  (ossia lo sfasamento tra corrente e tensione) per cercare di massimizzare la *potenza attiva* minimizzando quella *reattiva*. Naturalmente, come ogni altro circuito, anche i **rifasatori** sono soggetti ad usura e quindi presto o tardi smettono di svolgere la funzione a cui sono stati preposti e vanno sostituiti.

Anche per l'alimentazione dei motori elettrici esiste il problema del **rifasamento**.

In questo caso i circuiti **rifasatori** vengono tarati per fornire un angolo  $\theta$  tale da massimizzare il rendimento dei motori stessi.

Anche in questo caso tali circuiti sono soggetti ad usura e vanno di tanto in tanto sostituiti per evitare inutili sprechi di energia che comunque vanno pagati al fornitore.