

Zeno Martini (admin)

Macchine sincrone: potenza complessa, coppia ed angolo di carico

9 May 2014

Indice

- [1 Abstract](#)
- [2 Macchina a poli lisci](#)
 - [2.1 La potenza 'complessa'](#)
 - [2.1.1 Potenza attiva ed angolo di carico \$\delta\$](#)
 - [2.1.2 Potenza reattiva ed angolo di carico \$\delta\$](#)
- [3 Macchina a poli salienti](#)
 - [3.1 Potenza attiva e potenza reattiva](#)
 - [3.1.1 Potenza attiva ed angolo di carico \$\delta\$](#)
 - [3.1.2 Potenza reattiva ed angolo di carico \$\delta\$](#)
- [4 Perdite e rendimento](#)
- [5 Esercizi](#)
 - [5.1 1](#)
 - [5.2 2](#)
 - [5.3 3](#)
- [6 Bibliografia](#)

Abstract

La macchina sincrona è completamente reversibile e può funzionare sia come **generatore** che come **motore**.

Esamineremo come la potenza elettrica ai morsetti dipenda dall'**angolo di carico**, indicato con δ , che misura la posizione dell'asse magnetico di rotore rispetto a quello del campo rotante a carico.

Ricaveremo quindi un'espressione per la **coppia meccanica** relativa alla potenza utile. Per determinare il **rendimento**, sono poi elencate tutte le potenze perse, che indicano com'è suddivisa la parte di potenza che durante il funzionamento si trasforma in calore.

Macchina a poli lisci

Schematizziamo una fase di macchina sincrona a poli lisci considerata come generatore, trascurando la resistenza. Quando c'è corrente la macchina mette in gioco ai morsetti, potenza attiva e reattiva. Per la convenzione adottata di generatore, sono positive le potenze erogate (o uscenti), attive ed induttive.

[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

Tracciamo il diagramma di Behn-Eschenburg, ipotizzando che la macchina stia alimentando un carico induttivo con φ angolo di ritardo della corrente rispetto alla tensione, il cui fasore è assunto a fase zero.
 V è il valore della tensione concatenata.

[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

La tensione a vuoto E_0 si ottiene aggiungendo al fasore della tensione, il fasore che rappresenta la caduta induttiva dovuta alla reattanza sincrona, in quadratura d'anticipo su I e di modulo $X_s I$.

La potenza 'complessa'

Il punto **N**, estremo di E_0 , indica anche la potenza complessa erogata dalla macchina, cioè potenza attiva e reattiva in un piano di riferimento.

Fissiamo l'origine del piano di riferimento in **O** estremo del fasore della tensione di fase sul carico, $V/\sqrt{3}$.

L'ordinata di **N** è data dal segmento **HN** e risulta proporzionale alla potenza attiva P .

$$\text{HN} = X_s I \cos \varphi \quad \text{HN} / X_s = I \cos \varphi = P / (\sqrt{3} V)$$

L'ascissa di **N**, data dal segmento **OH**, è invece proporzionale alla potenza reattiva Q

$$\text{OH} = X_s I \sin \varphi \quad \text{OH} / X_s = I \sin \varphi = Q / (\sqrt{3} V)$$

Il punto di funzionamento **N** può teoricamente trovarsi in uno qualsiasi dei quattro quadranti, a seconda di ciò che è collegato ai morsetti di macchina. Se si tratta di carichi passivi, cioè se in parallelo alla macchina non vi sono altri generatori, quindi lavora, come si dice, *in isola*, **N** potrà essere solo nel primo e nel secondo quadrante, a seconda che il carico sia induttivo, come nel caso rappresentato, o capacitivo; se invece si trova in parallelo ad altri generatori sono possibili funzionamenti anche negli altri due quadranti, dove la macchina funziona come motore. Nei sistemi di distribuzione dell'energia si ha proprio questa seconda situazione e la macchina sincrona può funzionare nei quattro quadranti. Per una macchina della rete, l'insieme delle altre macchine può essere schematizzato come un generatore di potenza infinita che le impone quindi tensione e

frequenza costanti. Modificando la corrente di eccitazione e la coppia applicata al rotore si ottengono tutti i tipi di funzionamento.

Nota:

E' opportuno ricordare che in Elettrotecnica la potenza complessa è definita come il numero complesso che ha come parte reale la potenza attiva e come immaginaria la reattiva: $\dot{S} = P + jQ$; in genere l'asse immaginario del piano è quello verticale e ci si riferisce alla convenzione di utilizzatore.

Potenza attiva ed angolo di carico δ

Una formula interessante ed utile per la potenza attiva si ricava dal diagramma, osservando che il segmento **HN** è anche il cateto dell'angolo rettangolo **OHN**. Si ha dunque

$\text{HN} = E_0 \sin \delta = X_s I \cos \varphi$
quindi

$$P = \frac{\sqrt{3}}{2} V E_0 \sin \delta$$

L'angolo δ , cioè lo sfasamento tra il fasore della tensione a vuoto e quello della tensione ai morsetti è chiamato perciò, angolo di carico.

Potenza reattiva ed angolo di carico δ

Anche la potenza reattiva si può esprimere in funzione dello stesso angolo

$$\text{OH} = \text{AH} - \text{ON} = E_0 \cos \delta - X_s I \sin \varphi = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$I \sin \varphi = \frac{E_0}{X_s} \cos \delta - \frac{V}{\sqrt{3} X_s}$$

quindi

$$Q = \frac{\sqrt{3}}{2} V E_0 \cos \delta - \frac{V^2}{\sqrt{3} X_s}$$

Macchina a poli salienti

Tracciamo il diagramma di Blondel, come in precedenza nell'ipotesi di carico induttivo.

[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è FidoCad](#)

Potenza attiva e potenza reattiva

L'estremo del fasore E_0 rappresenta anche in questo caso la potenza complessa erogata dalla macchina. Il piano di riferimento ha sempre l'origine nell'estremo del fasore $V/\sqrt{3}$

Potenza attiva ed angolo di carico δ

δ

Si ha

$$I \cos \varphi = I \cos \gamma \cos \delta + I \sin \gamma \sin \delta$$

e poiché

$$I \cos \varphi = X_q I \cos \gamma = I \sin \delta = \frac{V}{\sqrt{3}} \sin \delta$$

$$I \sin \varphi = \frac{V}{\sqrt{3}} \cos \delta$$

$$I \sin \gamma = X_d I \sin \gamma = I \cos \delta - \frac{V}{\sqrt{3}} \cos \delta$$

sostituendo si ottiene

$$\begin{aligned} I \cos \varphi &= \frac{V}{\sqrt{3}} \frac{X_q}{X_d} \sin \delta \cos \delta + \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{E_0}{X_d} - \frac{V}{\sqrt{3}} \cos \delta \right) \sin \delta = \\ &= \frac{E_0}{\sqrt{3}} \frac{X_q}{X_d} \sin \delta + \frac{V}{\sqrt{3}} \left(\frac{\sin \delta \cos \delta}{X_d} - \cos \delta \right) = \\ &= \frac{E_0}{\sqrt{3}} \frac{X_q}{X_d} \sin \delta + \frac{V}{\sqrt{3}} \left(\frac{X_d \sin \delta \cos \delta - X_q \sin \delta \cos \delta}{X_d^2} \right) = \\ &= \frac{E_0}{\sqrt{3}} \frac{X_q}{X_d} \sin \delta + \frac{V}{\sqrt{3}} \frac{X_d - X_q}{X_d^2} \sin \delta \cos \delta = \frac{E_0}{\sqrt{3}} \frac{X_q}{X_d} \sin \delta + \\ &+ \frac{V}{\sqrt{3}} \frac{X_d - X_q}{X_d^2} \sin \delta \cos \delta \end{aligned}$$

Quindi

$$P = \frac{\sqrt{3} V E_0}{X_d} \sin \delta + \frac{V^2}{X_d^2} \sin \delta \cos \delta - \frac{V^2}{X_d^2} \sin \delta \cos \delta$$

Come si può notare se $X_d = X_q$, la formula coincide con quella trovata per la macchina a poli lisci, per cui questa formula la si può ritenere la formula generale per potenza delle macchine sincrone, tanto più che una differenza tra le due reattanze, seppur minore, esiste anche nelle macchine a poli lisci.

Se Ω_0 è la velocità angolare del rotore, che è legata alla frequenza elettrica ed al numero di coppie polari dalla $\Omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$ possiamo ricavare la coppia elettromagnetica, cioè la coppia legata alla trasformazione della potenza meccanica in potenza elettrica.

$$C_e = \frac{p}{2\pi f} \cdot \left(\frac{\sqrt{3} V E_0}{X_d} \sin \delta + \frac{V^2}{2} \frac{X_d - X_q}{X_q X_d} \sin 2\delta \right)$$

La coppia è frenante se la macchina funziona come generatore di potenza attiva, motrice se funziona come motore.

Vale la pena osservare con attenzione la formula

- Ovviamente ancora, se $X_d = X_q$ l'espressione della coppia si semplifica in

$$C_e = \frac{p}{2\pi f} \cdot \frac{\sqrt{3} V E_0}{X_d} \sin \delta$$

Tale valore è detto **componente cilindrica** della coppia o **coppia sincrona**

- Nel caso non siano uguali, è sempre $X_d > X_q$ per cui il secondo addendo è sempre positivo. Il suo valore **non dipende** da E_0 , quindi esiste anche se la corrente di eccitazione è nulla. Su questo principio si basano i motori sincroni a riluttanza variabile. Il rotore è sagomato in modo da avere una forte anisotropia, cioè una differenza elevata tra X_d ed X_q . Alimentati con tensione trifase forniscono una coppia che varia con il quadrato della tensione.

Questo secondo valore è detto **componente di riluttanza**

Potenza reattiva ed angolo di carico δ

Ridisegniamo il diagramma di Blondel aggiungendovi qualche ausilio grafico come, ad esempio, la parallela al fasore della tensione a vuoto passante per il punto **N** che interseca in **D** la retta su cui giace il fasore della tensione a carico

[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è FidoCad](#)

$$\begin{array}{l} \{1\} \text{ AK} = \text{NL} = \{X_d\} \text{I} \cos \gamma - \{X_q\} \text{I} \cos \gamma = \left(\{X_d\} - \right. \\ \left. \{X_q\} \right) \text{I} \cos \gamma \quad \text{AD} = \text{AO} \frac{\{\text{NL}\}}{\{\text{OM}\}} = \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \\ \frac{\{\left(\{X_d\} - \{X_q\} \right) \text{I} \cos \gamma\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_q\} \text{I} \cos \gamma\}}{\{\sqrt{3}\}} = \\ \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \quad \text{DK} = \text{AD} \cos \delta \quad \text{DN} = \\ \text{DK} + \text{KN} = \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \cos \delta + \\ \{E_0\} \quad \text{DH} = \text{DN} \cos \delta \quad \text{OH} = \text{DH} - \text{AD} - \text{AO} = \left(\{E_0\} + \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \right. \\ \left. \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \cos \delta \right) \cos \delta - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \\ \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} = \{E_0\} \cos \delta + \\ \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \cos^2 \delta - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \\ \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} = \{E_0\} \cos \delta - \\ \left(\frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \right) \left(1 - \cos^2 \delta \right) - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} = \{E_0\} \cos \delta + \left(\frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \right. \\ \left. \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \right) \cos^2 \delta - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \\ \left(\frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} + 1 \right) = \{E_0\} \cos \delta + \left(\frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{\{X_q\}\}} \right) \left(\frac{\{1 + \cos 2\delta\}}{2} \right) - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\}\}}{\{\{X_q\}\}} = \{E_0\} \cos \delta + \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{2\{X_q\}\}} \cos 2\delta + \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \left(\frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{2\{X_q\}\}} - \frac{\{\{X_d\}\}}{\{\{X_q\}\}} \right) = \{E_0\} \cos \delta + \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} - \{X_q\}\}}{\{2\{X_q\}\}} \cos 2\delta - \frac{\{V\}}{\{\sqrt{3}\}} \frac{\{\{X_d\} + \{X_q\}\}}{\{2\{X_q\}\}} = \{X_d\} \text{I} \sin \varphi \end{array}$$

Ora dividendo $\mathbf{OH}$ per X_d e moltiplicando il tutto per $\sqrt{3}V$ otteniamo

$$Q = \frac{\sqrt{3} V \{E_0\} \{X_d\} \cos \delta - V^2 \frac{\{X_d\} + \{X_q\}}{\{2X_d\} \{X_q\}} + V^2 \frac{\{X_d\} - \{X_q\}}{\{2X_d\} \{X_q\}} \cos 2\delta}{\delta}$$

Perdite e rendimento

Se si tiene conto della resistenza R di ogni avvolgimento, occorre tenere conto della coppia spesa per generare la potenza persa per effetto Joule:

$$C_J = \frac{P_J}{\Omega_0} = 3RI^2 \frac{p}{2\pi f};$$

quindi nel caso di funzionamento come generatore, la coppia frenante sarà:

$$C = C_e + C_J,$$

nel funzionamento come motore, la coppia motrice sarà:

$$C = C_e - C_J$$

Nel bilancio energetico della macchina esistono altre perdite. Le norme CEI le distinguono in

1. perdite costanti: P_0 ;
 1. perdite a vuoto nel ferro attivo e perdite addizionali a vuoto nelle altre parti metalliche: P_{fb0} ;

2. perdite meccaniche per attrito e ventilazione: P_{mp} ;
2. perdite di eccitazione: P_{ecc} ;
 1. perdite per effetto Joule nell'avvolgimento di eccitazione e relativi reostati;
 2. perdite relative al sistema di alimentazione quando è un generatore movimentato dalla macchina sincrona;
 3. perdite elettriche alle spazzole
3. perdite a carico: P_{ep} ;
 1. perdite per effetto Joule nell'avvolgimento di indotto e negli eventuali avvolgimenti di avviamento e smorzamento;
4. perdite addizionali a carico: P_{adc} .

Indicando con P la potenza erogata e con P_P la somma di tutte le perdite il rendimento è, come noto, dato da

$$\eta = \frac{P}{P + P_P}$$

Esercizi

1

Un generatore trifase a poli sporgenti, quadripolare, non saturo, $f=50 \text{ Hz}$, lavora alla tensione nominale $V_n=4 \text{ kV}$ e la tensione di fase a vuoto $E_0=3584 \text{ V}$ è sfasata in anticipo di $\delta=20^\circ$ sulla stellata. La reattanza sincrona diretta vale $X_d=78 \text{ } \Omega$, quella in quadratura $X_q=54 \text{ } \Omega$.

Calcolare la corrente di macchina, il fattore di potenza e le componenti della coppia.

Soluzione

La velocità angolare del rotore è

$$\Omega_0 = \frac{\omega}{p} = \frac{2\pi f}{p} = \frac{314}{2} = 157 \text{ s}^{-1}$$

La coppia sincrona vale

$$C_s = \sqrt{3} \frac{V_n E_0}{X_d \Omega_0} \sin \delta = \sqrt{3} \frac{4000 \times 3584}{78 \times 157} \sin 20^\circ = 682 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La coppia di riluttanza invece

$$C_r = V_n^2 \frac{X_d - X_q}{2 \Omega_0 X_d X_q} \sin 2\delta = \frac{4000^2}{2 \times 157 \times 78 \times 54} \sin 40^\circ = 184 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La coppia totale vale perciò

$$C_e = C_s + C_r = 682 + 184 = 866 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La potenza attiva è perciò

$$P = C_e \omega_0 = 866 \times 157 = 136 \text{ kW}$$

La potenza reattiva vale

$$Q = \frac{\sqrt{3} V_n E_0}{X_d \cos \delta + V^2 \frac{X_d - X_q}{2X_d X_q} \cos 2\delta - V^2 \frac{X_d + X_q}{2X_d X_q}}$$

$$Q = \sqrt{3} \times \frac{4000 \times 3584}{78} \cos 20^\circ + 4000^2 \frac{78 - 54}{2 \times 78 \times 54} \cos (40^\circ) - 4000^2 \frac{78 + 54}{2 \times 78 \times 54} = 299143 + 34919 - 250712 = 83,4 \text{ kvar}$$

$$\cos \varphi_n = \cos \arctan \frac{Q}{P} = \cos \arctan \frac{83,4}{136} = 0,853_R$$

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi_n} = \frac{136000}{\sqrt{3} \times 4000 \times 0,853} = 23 \text{ A}$$

2

Una terna di impedenze di valore $Z_c = 276 + j207$ collegate a triangolo, deve essere alimentata alla tensione di $V = 6 \text{ kV}$. Si usa una macchina sincrona a poli lisci la cui reattanza vale $X_s = 81 \omega$.

a)

Calcolare la tensione a vuoto del generatore e l'angolo di carico.

Mentre alimenta lo stesso carico, la macchina è posta in parallelo alla rete, da considerare a potenza infinita, che quindi mantiene costante la tensione di 6 kV , l'eccitazione viene regolata in modo che la tensione a vuoto sia $E_0 = 4314 \text{ V}$, mentre, intervenendo sul motore primo, l'angolo di anticipo della E_0 rispetto alla tensione di fase della rete è $\delta = 10,4^\circ$.

b)

Calcolare come si ripartisce la potenza del carico tra macchina e rete.

Soluzione

a)

Trascurando la resistenza, che del resto il testo nemmeno nomina, possiamo scrivere che

$$\dot{E}_0 = \frac{\dot{V}}{\sqrt{3}} + j X_s \dot{I}$$

$$\frac{\dot{V}}{\sqrt{3}} = \frac{6000}{\sqrt{3}} \angle 0 = 3464 \angle 0$$

$$\dot{Z}_{cY} = \frac{\dot{Z}_c}{3} = \frac{276}{3} + j \frac{207}{3} = 115 \angle 36,9^\circ$$

$$\dot{I} = \frac{\frac{\dot{V}}{\sqrt{3}}}{\dot{Z}_{cY}} = \frac{3464 \angle 0}{115 \angle 36,9^\circ} = 30 \angle -36,9^\circ$$

$$\begin{array}{l} \dot{E}_0 = \frac{\dot{V}}{\sqrt{3}} + j X_S \dot{I} = 3464 \angle 0 + j 81 \times 30 \angle -36,9^\circ = 3464 + j 1460 + j 1952 = 4924 + j 1952 = 5297 \angle 21,6^\circ \end{array}$$

b)

[Sorgente FidoCadI](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

$$P = \frac{\sqrt{3} V E_0}{81} \sin \delta = \frac{\sqrt{3} \times 6000 \times 4314}{81} \sin 10,4^\circ = 99,9 \text{ kW}$$

$$Q = \frac{\sqrt{3} V E_0}{81} \cos \delta - \frac{V^2}{81} = \frac{\sqrt{3} \times 6000 \times 4314}{81} \cos 10,4^\circ - \frac{6000^2}{81} = 99,9 \text{ kvar}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{rete}} &= P_c - P = \frac{V^2}{115} \cos 36,9^\circ - 99,9 \times 10^3 = 150 \text{ kW} \\ Q_{\text{rete}} &= Q_c - Q = \frac{V^2}{115} \sin 36,9^\circ - 99,9 \times 10^3 = 88 \text{ kvar} \end{aligned}$$

3

Un motore sincrono trifase a rotore liscio, con collegamento a stella funziona alla tensione nominale assorbendo la corrente nominale in anticipo sulla tensione.

$$V_n = 500 \text{ V}, P_n = 63 \text{ kW}, \cos \varphi_n = 0,8_A, f = 50 \text{ Hz}, 2p = 8$$

$$X_s = 1,21 \, \Omega, P_J = 1,8 \text{ kW}, P_{\text{ecc}} = 1,25 \text{ kW}, P_0 = 1,3 \text{ kW}$$

Calcolare rendimento e tensione a vuoto

Soluzione

Trattandosi di un motore, possiamo assumere la convenzione di utilizzatore per tensione ai morsetti e corrente. Nel diagramma che segue è rappresentata anche la convenzione di generatore (in rosso).

[Sorgente FidoCadJ](#) | [Ingrandisci](#) | [Cos'è Fidocad](#)

La potenza attiva assorbita, in condizioni nominali è

$$P_a = P_n + P_{ecc} + P_J + P_0 = 63 + 1,25 + 1,8 + 1,3 = 67,4 \text{ kW}$$

quindi la corrente nominale assorbita è

$$I_n = \frac{P_e}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi_n} = \frac{67,4 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 500 \times 0,8} = 97,3 \text{ A}$$

La resistenza di un avvolgimento di statore vale

$$R = \frac{P_J}{3 I_n^2} = \frac{1800}{3 \times 97,3^2} = 0,0635 \text{ } \Omega$$

La tensione a vuoto vale, assumendo a fase zero la tensione di fase ai morsetti

$$\begin{aligned} \dot{E}_{0n} &= \frac{V_n}{\sqrt{3}} - \dot{Z}_s \dot{I}_n \\ \dot{I}_n &= \frac{500}{\sqrt{3}} - \left(0,0635 + j 1,21 \right) 97,3 \angle \arccos 0,8 = 289 - j 118 \text{ V} \\ \dot{E}_{0n} &= 289 - j 118 \angle 124^\circ = 289 + 66 - j 97,8 = 368 \angle -15^\circ \end{aligned}$$

L'angolo di carico vale $\delta = -15$, il che significa che la tensione a vuoto ritarda rispetto a quella ai morsetti. Nel piano della potenza complessa, siamo nel quarto quadrante.

La tensione a vuoto è maggiore di quella ai morsetti, che vale 289 V. Il motore si dice che lavora in sopraeccitazione. Il rendimento percentuale vale

$$\eta \% = 100 \frac{P_n}{P_a} = 100 \times \frac{63}{67,4} = 93,5 \%$$

Bibliografia

- Appunti di macchine elettriche - Ciro Di Pieri - Ed. CLEUP - Ia ed. settembre 1970; ristampa novembre 1991
- Macchine elettriche rotanti - M.Andriollo - G. Martinelli - A. Morini - CLEUP , 1998

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:macchine-sincrone-potenza-e-coppia>"