

MECÂNICA TOTAL

COLLANA PROFESSIONALE PER LA MANUTENZIONE INDUSTRIALE

BONUS 02 • GUIDA OPERATIVA

Simulatori Tecnici Interattivi

Sei laboratori per comprendere trasmissioni, pompe,
vibrazioni, termica e affidabilità.



6 simulatori offline + esercizi

Edizione italiana • Ottobre 2026 | Formazione tecnica e strumenti di lavoro

Indice operativo

Sezione	Contenuto
01	Metodo e strumenti
02	6 simulazioni guidate
03	Esercizi con soluzione
04	Checklist e limiti

Come utilizzare il laboratorio

Questo bonus comprende **sei simulazioni didattiche** e un file HTML autonomo, apribile in un browser moderno senza internet. Il PDF fornisce metodo, formule, verifiche numeriche ed esercizi. Aprire **Bonus_02_Laboratorio_Interattivo.html** incluso nel pacchetto.

Ambito d uso

Strumenti dimostrativi per formazione e pre-analisi. Non rappresentano modelli digital twin certificati, non usano parametri reali di fabbrica e non devono essere impiegati per impostare protezioni o gestire macchinari in sicurezza.

Simulazione	Variabili regolabili	Uscita
01 - Trasmissione a ingranaggi	$n_1=1450$ giri/min; $z_1=18$; $z_2=54$	$n_2=483,33$ giri/min; $i=3$. Una coppia di ruote esterne inverte il verso di rotazione.
02 - Trasmissione a cinghia	$n_1=1440$ giri/min; $D_1=100$ mm; $D_2=250$ mm	$n_2=576$ giri/min in condizioni ideali. Scorrimento e deformazioni modificano il risultato.
03 - Pompa centrifuga e potenza	$\rho=1000$ kg/m ³ ; $Q=0,025$ m ³ /s; $H=28$ m; $\eta=0,72$	$P_{idr}=6,87$ kW; $P_{albero}=9,54$ kW. Non sono incluse perdite di motore e inverter.
04 - Vibrazione e frequenza di rotazione	$n=1500$ giri/min; $A_1=1,2$ mm/s; $A_2=0,4$ mm/s	$f_1=25$ Hz e $f_2=50$ Hz. Le armoniche NON identificano da sole la causa di guasto.
05 - Riscaldamento semplificato	$T_{amb}=25$ C; $T_{iniz}=25$ C; $\Delta T=45$ C; $\tau=20$ min; $t=20$ min	$T(20)=53,45$ C (circa il 63,2% del salto di temperatura).
06 - Affidabilità esponenziale	MTBF=1000 ore; $t=300$ ore	$R(300)=74,08\%$. MTBF e affidabilità descrivono un modello, non una garanzia su un singolo asset.

Esercitazioni guidate

Trasmissione a ingranaggi

Obiettivo: Calcola la velocità dell'ingranaggio condotto e il rapporto di trasmissione.

Modello usato: $n_2 = n_1 \cdot z_1 / z_2$; $i = z_2 / z_1$

PROVA GUIDATA

Impostare: $n_1 = 1450$ giri/min; $z_1 = 18$; $z_2 = 54$

Risultato di controllo: $n_2 = 483,33$ giri/min; $i = 3$. Una coppia di ruote esterne inverte il verso di rotazione.

Cosa verificare: Applicare rapporti geometrici; confrontare il risultato con una misura tachimetrica.

SCHEDA 02

Trasmissione a cinghia

Obiettivo: Verifica il rapporto teorico fra due pulegge senza scorrimento.

Modello usato: $n_2 = n_1 \cdot D_1 / D_2$

PROVA GUIDATA

Impostare: $n_1 = 1440$ giri/min; $D_1 = 100$ mm; $D_2 = 250$ mm

Risultato di controllo: $n_2 = 576$ giri/min in condizioni ideali. Scorrimento e deformazioni modificano il risultato.

Cosa verificare: Confrontare dati nominali e valori reali senza usare il simulatore per tensionamento.

SCHEDA 03

Pompa centrifuga e potenza

Obiettivo: Stima la potenza idraulica e all'albero con portata, prevalenza ed efficienza.

Modello usato: $P_{idr}[kW] = \rho \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H / 1000$; $P_{albero} = P_{idr} / \eta$

PROVA GUIDATA

Impostare: $\rho = 1000$ kg/m³; $Q = 0,025$ m³/s; $H = 28$ m; $\eta = 0,72$

Risultato di controllo: $P_{idr} = 6,87$ kW; $P_{albero} = 9,54$ kW. Non sono incluse perdite di motore e inverter.

Cosa verificare: Valutare la sensibilità all'efficienza e differenziare la potenza dalla curva reale OEM.

Unità obbligatorie

Portata Q in m³/s, prevalenza H in m, densità in kg/m³, rendimento 0-1. Con m³/h dividere prima per 3600.

SCHEDA 04

Vibrazione e frequenza di rotazione

Obiettivo: Converti giri/min in Hz e osserva un segnale sintetico con armoniche.

Modello usato: $f_1 = n/60$; $f_2 = 2 \cdot f_1$; $x(t) = A_1 \sin(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t) + A_2 \sin(4 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t)$

PROVA GUIDATA

Impostare: $n=1500$ giri/min; $A1=1,2$ mm/s; $A2=0,4$ mm/s

Risultato di controllo: $f1=25$ Hz e $f2=50$ Hz. Le armoniche NON identificano da sole la causa di guasto.

Cosa verificare: Confrontare 1x e 2x, poi richiedere fase, condizioni di carico e sensori reali.

Diagnosi prudente

Un picco a 1x o 2x può avere diverse cause e deve essere letto insieme a fase, orientamento del sensore, carico e tendenza.

SCHEMA 05

Riscaldamento semplificato

Obiettivo: Esamina una risposta termica ideale del primo ordine e il tempo per avvicinarsi al regime.

Modello usato: $T(t) = T_{amb} + (T_{iniz} - T_{amb}) \cdot \exp(-t/\tau) + \Delta T \cdot (1 - \exp(-t/\tau))$

PROVA GUIDATA

Impostare: $T_{amb}=25$ C; $T_{iniz}=25$ C; $\Delta T=45$ C; $\tau=20$ min; $t=20$ min

Risultato di controllo: $T(20)=53,45$ C (circa il 63,2% del salto di temperatura).

Cosa verificare: Non sostituisce una verifica termica di sicurezza o i limiti OEM.

SCHEMA 06

Affidabilità esponenziale

Obiettivo: Visualizza il concetto di affidabilità ipotizzando tasso di guasto costante.

Modello usato: $R(t) = \exp(-t/MTBF)$, solo se l'ipotesi esponenziale è plausibile.

PROVA GUIDATA

Impostare: $MTBF=1000$ ore; $t=300$ ore

Risultato di controllo: $R(300)=74,08\%$. MTBF e affidabilità descrivono un modello, non una garanzia su un singolo asset.

Cosa verificare: Varia il tempo e osserva il decadimento; documenta i limiti della distribuzione scelta.

Laboratorio pratico: cinque prove

Prova	Consegna	Risposta / verifica
A. Rapporto di ingranaggi	$z1=24$, $z2=72$, $n1=900$ giri/min	$i=3$; $n2=300$ giri/min.
B. Rapporto pulegge	$D1=80$ mm, $D2=200$ mm, $n1=1500$ giri/min	$n2$ teorico=600 giri/min.
C. Potenza di pompaggio	$Q=0,020$ m ³ /s, $H=30$ m, $\rho=1000$, $\eta=0,75$	P idraulica=5,886 kW; P albero=7,848 kW.
D. Frequenza fondamentale	$n=1800$ giri/min	$f1=30$ Hz; seconda armonica=60 Hz.
E. Risposta termica	$T_{iniz}=T_{amb}=20$ C, $\Delta T=30$ C, $\tau=15$ min, $t=30$ min	$T(30)=45,94$ C circa.

Checklist di **validazione**

- Definire unità prima di variare un parametro; osservare almeno tre scenari plausibili.
- Annotare valori calcolati, ipotesi, modello adottato e differenza rispetto a misure reali.
- Non estrapolare un modello semplificato al comportamento dinamico completo del macchinario.
- Non applicare soglie, ripari o impostazioni di sicurezza ricavate dalle simulazioni senza analisi ingegneristica.

Registro personale delle **simulazioni**

Campo	Da compilare
Simulazione e versione	_____
Data e obiettivo	_____
Ipotesi / unità	_____
Input iniziali	_____
Variazione 1 e risultato	_____
Variazione 2 e risultato	_____
Confronto con misura / OEM	_____
Limiti o fattori non simulati	_____

Criterio di apprendimento

Una risposta numerica è utile solo se comprende assunzioni, unità, formula, plausibilità fisica e limiti. Nel caso di mismatch tra simulazione e impianto reale, prevalgono le misure e la documentazione verificate.

Riferimenti e **avvertenze**

- Le equazioni sono modelli elementari della meccanica e dell'affidabilità; le curve e i segnali sono simulati, non misure di macchina.
- Materiale complementare incluso: Bonus_02_Laboratorio_Interattivo.html (simulatore offline, interattivo).