

MECÂNICA TOTAL

COLLANA PROFESSIONALE PER LA MANUTENZIONE INDUSTRIALE

BONUS 04 • GUIDA OPERATIVA

Raccolta di Dispense Tecniche

Manuale operativo di meccanica e manutenzione con esempi
e controlli professionali.



14 dispense tecniche applicate

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

Indice operativo

Sezione	Contenuto
01	Metodo di consultazione
02	14 dispense specialistiche
03	Formule rapide
04	Scheda tecnica

Manuale di consultazione

Raccolta di **14 dispense tecniche sintetiche ma operative** per manutenzione meccanica industriale. Ogni capitolo contiene principio, calcolo o situazione applicata e checklist professionale.

Regola di consultazione

Formule semplificate e casi numerici servono per studio e preparazione. Non sostituiscono specifiche OEM, disegni, codici e procedure di sicurezza.

Dispense tecniche

SCHEDA 01

Lettura delle grandezze e conversioni

Argomento: Pressione, portata, temperatura e potenza.

Prima di calcolare, distinguere pressione assoluta e relativa, portata volumetrica e massica, potenza ed energia. 1 bar = 100 kPa; 1 m³/h = 1/3600 m³/s; 1 kW = 1000 W. Le conversioni non trasformano una misura approssimativa in un dato accurato.

APPLICAZIONE CONCRETA

Convertire 90 m³/h in m³/s: $90/3600 = 0,025$ m³/s. Per acqua con $\rho=1000$ kg/m³ la portata massica stimata è 25 kg/s.

Checklist operativa

Registrare unità, strumento, punto di misura, incertezza e condizioni di esercizio; verificare sensori e tarature.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Pressione indicata non plausibile	Tipo assoluta/relativa, scala e punto misura	Verificare trasduttore e confronto con riferimento calibrato.
Portata su scale diverse	m ³ /h, L/min, m ³ /s, densità del fluido	Uniformare unità prima di usare formule.
Temperatura incoerente	Metodo di misura, emissività, superficie	Ripetere rilevazione alle stesse condizioni.

Pompe centrifughe

Argomento: Punto di lavoro, prevalenza e cavitazione.

Il punto di funzionamento si trova idealmente all'incrocio fra curva caratteristica della pompa e curva del sistema. Una variazione della resistenza idraulica modifica portata e prevalenza. Non confondere la pressione di mandata con la prevalenza totale: occorre considerare anche aspirazione, quote e, quando significativo, energia cinetica.

APPLICAZIONE CONCRETA

Con $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ e $Q=0,020 \text{ m}^3/\text{s}$, $H=30 \text{ m}$: $P \text{ idraulica} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 5,886 \text{ kW}$. Con $\eta=0,75$ la potenza all'albero stimata è $7,848 \text{ kW}$.

Checklist operativa

Per discutere la cavitazione richiedere NPSH disponibile e richiesto, temperatura, tensione di vapore, perdite in aspirazione e curva OEM.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Portata ridotta	Pressione aspirazione/mandata, RPM, valvola, filtro	Sovrapporre punto osservato alla curva OEM.
Rumore simile a ghiaia	NPSH, temperatura, portata, aspirazione	Valutare rischio cavitazione senza prova invasiva.
Tenuta perde	Storico, prodotto pompato, condizioni operative	Ispezione programmata e verifica meccanismo di perdita.

Cuscinetti volventi

Argomento: Carico, contaminazione, temperatura.

I guasti prematuri possono associarsi a contaminazione, lubrificazione insufficiente, montaggio, disallineamento, carichi inattesi o correnti elettriche. Un incremento termico non identifica una causa univoca. La vita nominale L_{10} non corrisponde alla vita garantita del singolo cuscinetto.

APPLICAZIONE CONCRETA

Formula nominale di riferimento: $L_{10} = (C/P)^p$ milioni di giri, con $p=3$ per sfere e $p=10/3$ per rulli in un modello basilare. Senza C , P e condizioni di impiego non eseguire una valutazione di durata.

Checklist operativa

Controllare codice, gioco, tenute, pulizia, sequenza di montaggio, utensili autorizzati, valori termici e vibrazione.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Temperatura localizzata	Differenza fra lati, RPM, carico, lubrificazione	Confermare ripetibilità e verificare contesto.
Rumore crescente	Spettro, accelerazione, particelle olio	Distinguere degrado cuscinetto e problemi adiacenti.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Guasto dopo sostituzione	Montaggio, sede, tolleranze, tenute	Revisionare processo, non sostituire di nuovo senza diagnosi.

SCHEDA 04

Lubrificazione industriale

Argomento: Viscosità, contaminazione e controllo.

La viscosità deve essere coerente con tipo di organo, velocità, carico e temperatura di esercizio. La presenza di acqua o particelle può accelerare il degrado. Un campione prelevato da punto non rappresentativo può portare a conclusioni errate.

APPLICAZIONE CONCRETA

In un riduttore con olio torbido e temperatura crescente: verificare qualità del prelievo, acqua in laboratorio, sfiati, tenute e condizioni di carico prima di cambiare specifica.

Checklist operativa

Verificare conformità a manuale OEM, filtrazione, punti di ingrassaggio, compatibilità prima di rabbocchi, etichette e tracciabilità.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Olio lattiginoso	Acqua, prelievo, vent, tenute	Richiedere test laboratorio e identificare ingresso contaminante.
Metalli nel campione	Tipo e quantità metallo, trend, particelle	Correlare analisi olio e verifica componenti.
Lubrificante surriscaldato	Viscosità a temperatura, carico, ambiente	Confrontare range OEM e storico di esercizio.

SCHEDA 05

Riduttori e ingranaggi

Argomento: Rapporto, velocità, coppia.

Per due ingranaggi ideali il rapporto $i = z_2/z_1$ e la velocità di uscita $n_2 = n_1/i$. La coppia aumenta idealmente in proporzione al rapporto, ma la potenza reale si riduce a causa delle perdite. L'usura può produrre segni su denti, rumorosità e particelle nel lubrificante.

APPLICAZIONE CONCRETA

$z_1=20$ e $z_2=60$, $n_1=1500$ giri/min: $i=3$; $n_2=500$ giri/min. Con coppia ingresso 80 Nm ed efficienza ipotizzata 0,94, coppia uscita circa 225,6 Nm.

Checklist operativa

Controllare livello olio, tenute, temperatura, giochi, allineamento, fissaggi e presenza di particelle; usare procedure OEM.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Temperatura del riduttore alta	Carico, viscosità, allineamento, ventilazione	Registrare condizioni uguali per confrontare trend.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Rumore alla frequenza ingranamento	Denti, giri, spettro e cinematica	Calcolare $z \times$ frequenza d albero e cercare conferme.
Presenza particelle	Analisi olio, visivo, residui magnetici	Verificare usura, tenute e contaminazione.

SCHEDA 06

Trasmissioni a cinghia

Argomento: Pulegge, usura e slittamento.

Il rapporto teorico di velocità di una trasmissione a cinghia senza scorrimento è $n_2 = n_1 \cdot D_1 / D_2$. Il comportamento reale dipende da cinghia, profilo, tensione, attrito e carico. Una tensione eccessiva può sovraccaricare i cuscinetti.

APPLICAZIONE CONCRETA

Puleggia motrice 110 mm, condotta 220 mm e $n_1 = 1450$ giri/min: velocità teorica $n_2 = 725$ giri/min. Non dedurre la tensione dal rapporto di velocità.

Checklist operativa

Verificare protezioni, stato delle gole, disallineamento, cinghie abbinate, indicazioni OEM e misure con attrezzi appropriati.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Slittamento percepito	Giri reali, carico, stato cinghia	Misurare velocità con ripari e metodo autorizzato.
Usura disomogenea	Allineamento pulegge e stato gole	Controllare con strumenti idonei a macchina sicura.
Rumore dopo sostituzione	Tipo cinghia, montaggio, tensione OEM	Verificare applicazione, non regolare empiricamente.

SCHEDA 07

Motori elettrici

Argomento: Isolamento, carico e riscaldamento.

Un incremento di corrente o temperatura può derivare da sovraccarico, alimentazione, ventilazione, squilibrio fra fasi, problema meccanico o ambiente. Non aprire un quadro o misurare parti in tensione senza autorizzazione, competenza e procedure specifiche.

APPLICAZIONE CONCRETA

Un motore nominale 4 poli alimentato a 50 Hz ha velocità sincrona $n_s = 120 \cdot f / p = 1500$ giri/min; la velocità reale asincrona è inferiore per effetto dello scorrimento.

Checklist operativa

Registrare corrente per fase, tensione, potenza, classe termica, sistema di ventilazione, vibrazioni e condizioni di carico.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Corrente elevata	Tensioni/correnti fasi, carico, ventilazione	Confrontare con targa e storico senza aprire parti in tensione.
Temperatura avvolgimenti alta	Metodo di misura, carico, ambiente	Verificare limite di isolamento e prescrizioni OEM.
Vibrazione al lato motore	Fase, RMS, allineamento e fondazioni	Separare sorgente meccanica ed elettrica con prove idonee.

SCHEDA 08

Compressori

Argomento: Condizioni operative e controllo termico.

La compressione eleva pressione e spesso temperatura del fluido. Efficienza, tipo di compressore, perdite e condizioni di aspirazione determinano consumi e prestazioni. Il confronto corretto richiede stesso stato di carico e stessa temperatura ambiente.

APPLICAZIONE CONCRETA

Scenario: temperatura di mandata superiore al trend di riferimento. Prima di attribuirlo a una valvola verificare filtro ingresso, pressione aspirazione, rapporto di compressione, raffreddamento e strumenti.

Checklist operativa

Mai intervenire su un circuito pressurizzato senza isolamento, verifica energia zero, depressurizzazione e permesso di lavoro.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Mandata troppo calda	Pressione aspirazione, rapporto compressione, raffreddamento	Verificare coerenza di condizioni e sensori.
Portata insufficiente	Filtro, eventuali trafilementi, regime e carico	Confrontare curva o specifica costruttore.
Condensa nel circuito	Temperatura, punto di rugiada e drenaggi	Valutare qualità fluido e separazione condensato.

SCHEDA 09

Valvole e attuatori

Argomento: Perdite interne, posizionamento e isolamento.

Distinguere valvole di intercettazione, regolazione e sicurezza. La posizione del comando non dimostra sempre che il passaggio sia isolato; un otturatore può perdere. La selezione di una valvola dipende da materiale, pressione, temperatura, fluido e funzione.

APPLICAZIONE CONCRETA

Per perdita a valle con valvola dichiarata chiusa: verificare indicatori di posizione e procedura di prova di tenuta approvata, senza manipolare condizioni pericolose.

Checklist operativa

Documentare tag, classe, fluido, pressione, direzione, attuatore, prova ammessa e prescrizioni applicabili.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Perdita a valvola chiusa	Tag, tenuta richiesta, prova autorizzata	Distinguere trafilamento interno e perdita esterna.
Attuatore non completa corsa	Aria/energia, segnali, feedback, blocchi	Verificare catena di comando con personale autorizzato.
Regolazione instabile	Posizione, controllo, delta pressione	Confrontare curva caratteristica e parametri processo.

SCHEDA 10

Vibrazioni e monitoraggio

Argomento: Trend, velocità, frequenze e metodo.

Le misure RMS aiutano a seguire una tendenza, ma la diagnosi richiede contesto. La frequenza fondamentale è $f=n/60$. Componenti 1x, 2x e altre armoniche possono sovrapporsi tra vari fenomeni. Posizione sensori e ripetibilità sono essenziali.

APPLICAZIONE CONCRETA

A 1480 giri/min la fondamentale è circa 24,67 Hz. Un picco a 24,7 Hz è coerente con 1x ma non dimostra squilibrio senza prove complementari.

Checklist operativa

Conservare asset, punto, direzione, RPM, carico, unità e impostazioni dello strumento; confrontare baseline e limiti OEM.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Ampiezza RMS aumenta	Velocità, punto, direzione, carico	Stabilire trend ripetibile prima di attribuire causa.
Picco a 1x	RPM, fase, prova distribuzione sensori	Formulare ipotesi, non conclusione di squilibrio.
Picco ad alta frequenza	Banda strumenti, cuscinetti, contesto	Verificare spettro e modulazioni con esperto.

SCHEDA 11

FMEA e rischio manutentivo

Argomento: Funzione, guasto, effetto, priorità.

Identificare per ogni funzione modi di guasto, effetti, cause, rilevazione e possibili azioni. Nella FMECA la criticità consente priorità sistematiche. Il prodotto $S \cdot O \cdot D$, quando usato, è solo uno degli strumenti: un effetto grave richiede attenzione anche con RPN basso.

APPLICAZIONE CONCRETA

Per una tenuta: modo di guasto = perdita; effetto = fuoriuscita di fluido; evidenze = perdita visiva e calo pressione; azioni = analisi materiali, installazione, esercizio e barriere.

Checklist operativa

Sottoporre analisi e criteri di accettabilità al responsabile sicurezza e all'ingegneria; consultare IEC 60812:2018.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Effetto di sicurezza elevato	Barriere e gravità possibili	Eseguire analisi prioritaria anche senza RPN alto.
Frequenza sconosciuta	Registro guasti e ore esposizione	Non assegnare numeri O fittizi come misure reali.
Rilevazione non dimostrata	Test e procedure di controllo	Separare controllo progettato da controllo verificato.

SCHEMA 12

RCA e affidabilità

Argomento: Dall'evento alla verifica di efficacia.

Una RCA utile distingue evento, condizioni predisponenti, fattori scatenanti e sistemi di controllo. L'azione correttiva deve avere un proprietario, una scadenza e una verifica. Per KPI operativi distinguere ore di calendario, ore effettive, fermate programmate e correttive.

APPLICAZIONE CONCRETA

Una macchina ha 950 ore operative, 5 guasti e 40 ore di ripristino complessive: MTBF osservato=190 h/guasto; MTTR=8 h/riparazione.

Checklist operativa

Scrivere definizione operativa del guasto e includere nel registro eventi cause escluse, date e criteri di chiusura.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Cinque perché interrotto	Evidenze ad ogni passaggio	Interrompere quando mancano prove e pianificare raccolta dati.
MTBF anomalo	Definizione guasto e ore operative	Correggere base dati prima del confronto.
Azione non efficace	Misura post intervento e periodo osservazione	Rivedere causa e controprova documentata.

SCHEMA 13

Piani di manutenzione e SAP

Argomento: Dal controllo alla tracciabilità.

La catena informativa comprende segnalazione, valutazione, pianificazione, ordine, esecuzione, conferma e analisi del ritorno. I sistemi CMMS/EAM richiedono dati coerenti di asset, guasto e lavoro svolto; informazioni incomplete penalizzano anche la scelta futura della frequenza.

APPLICAZIONE CONCRETA

Segnalazione di aumento vibrazioni: registrare punto di misura, valore, velocità, trend; richiedere verifica; pianificare ordine con competenze e ricambi; registrare valore post-intervento.

Checklist operativa

Separare sempre descrizione del problema, causa diagnosticata, lavoro eseguito ed esito della verifica.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Ordine privo di sintomo	Tag, valore, trend e contesto	Completarne il contenuto prima della diagnosi.
Preventiva ripetuta senza beneficio	Frequenza, guasti, indicatori e costo	Rivedere strategia con dati e responsabile.
Chiusura senza collaudo	Misura post, criterio di accettazione	Segnalare test mancante prima della validazione finale.

SCHEDA 14

Sicurezza di intervento

Argomento: Isolamento, energia residua, collaudo.

Macchine rotanti, energia elettrica, pressione, superfici calde, sostanze chimiche e gravità impongono controlli specifici. La procedura di isolamento deve contemplare tutte le fonti di energia, scarica dell'energia accumulata e verifica di energia zero secondo regole aziendali.

APPLICAZIONE CONCRETA

Prima di smontare un attuatore idraulico, verificare autorizzazione, stabilizzazione del carico, isolamento, scarico pressione residua, e protezione contro movimento inatteso.

Checklist operativa

Questo materiale non è una procedura LOTO esecutiva: richiede istruzioni aziendali, permessi e personale qualificato.

Sintomo / situazione	Dati da raccogliere	Passo di verifica
Energia residua	Elettricità, pressione, gravità, calore	Identificare e verificare tutti gli isolamenti previsti.
Movimento inatteso	Elementi sospesi, fluidi e attuatori	Stabilizzare e prevenire riattivazioni con procedura.
Permesso incompleto	Ruoli, autorizzazione, DPI, verifica	Sospendere attività finché i requisiti non sono soddisfatti.

Formule rapide da consultare

Parametro	Formula	Note
Frequenza di rotazione	$f = n / 60$	n in giri/min, f in Hz
Potenza idraulica	$P = \rho * g * Q * H$	P in W; Q in m³/s
Potenza all'albero	$P_{\text{albero}} = P_{\text{idraulica}} / \eta$	eta compresa fra 0 e 1
Rapporto ingranaggi	$i = z2 / z1$	Ipotesi cinematica di base
Velocità pulegge	$n2 = n1 * D1 / D2$	Senza slittamento

Parametro	Formula	Note
MTBF	ore operative / numero guasti	Definizione di guasto coerente
MTTR	ore ripristino / numero riparazioni	Definire il tempo incluso

Scheda tecnica da compilare

Campo	Registrazione
Asset / tag	_____
Condizione osservata	_____
Misure + unità + data	_____
Ipotesi e prove	_____
Riferimento OEM / procedura	_____
Responsabile e decisione	_____

Riferimenti e avvertenze

- IEC 60812:2018, FMEA/FMECA: <https://webstore.iec.ch/en/publication/26359>
- Manuali OEM e procedure aziendali hanno precedenza su esempi e valori didattici.
- SAP Help, riferimenti per ordini e notifiche: <https://help.sap.com/>