

CyberMan4.0: Manutenzione avanzata nella torneria cilindri di laminazione a caldo

a cura di: C. Trevisan, G. Bavestrelli, A. Ventura, F. Sanfilippo, A. Rizzi, A. Dester

"Cosa stiamo perdendo non raccogliendo i dati dei segnali della macchina?"

Vale la pena porsi questa domanda se si vogliono valutare attentamente i vantaggi derivanti dalle tecnologie IIOT. Il progetto CyberMan4.0 è un tentativo di rispondere a questa domanda mettendo in evidenza i vantaggi di questo approccio che non sono solo economici.

La sfida più comune, di fronte a un guasto di una macchina, è risalire alle cause e trovare un rimedio sia per il problema presente, sia per prevenire che si ripresenti. Ciò è più facile da raggiungere quando sono disponibili i dati raccolti dalla macchina prima e durante il momento del guasto: l'analisi di tali dati può fornire infatti informazioni molto significative. Questo processo coinvolge diverse figure professionali quali l'operatore della macchina, i tecnici della manutenzione e il costruttore.

In questo progetto si è esplorato un "cambiamento di paradigma" esaminando non solo i dati del prodotto ma anche i dati della macchina e del processo di lavorazione, passando da un tradizionale sistema di gestione della manutenzione basato sul conteggio delle ore di funzionamento ad un sistema predittivo basato sull'effettivo "stato di salute" dei componenti.

PAROLE CHIAVE: PREDICTIVE MAINTENANCE, CLOUD NETWORK, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACCHINA UTENSILE, TORNERIA CILINDRI

INTRODUZIONE

Le attività svolte nell'ambito di questo progetto di ricerca "CyberMan4.0" e realizzate anche grazie al cofinanziamento dell'Unione Europea, sono state applicate in diversi settori dell'industria e in particolare quelli per la produzione acciaio; il caso di studio "HSM Roll Shop" relativo a questo documento si riferisce ad una torneria cilindri di un impianto di laminazione a caldo. Le macchine utensili esaminate sono quindi rettificatrici, in grado di operare in ciclo continuo, per ripristinare la superficie dei cilindri di lavoro e di appoggio (WR / BUR), ciclicamente usurata dalla lavorazione, in un laminatoio piano. Nel caso in esame il peso dei cilindri rettificati è di circa 10 Ton per i WR e 20 Ton per i BUR e le dimensioni caratteristiche delle macchine sono collegate a questi valori. Questa analisi si può applicare comunque indipendente-

Claudio Trevisan, Giovanni Bavestrelli
TENOVA S.p.A.

Alessio Ventura, Fabio Sanfilippo
RINA CSM

Alessandro Rizzi, Alessandro Dester
ARVEDI

mente dalle dimensioni delle macchine.

Già nel 2015 TENOVA Pomini stava elaborando un progetto di rete tra le macchine, il nome assegnato al progetto era "Talking Machines" per indicare la possibilità di scambiare informazioni tra le macchine, collegate in un network, non solo all'interno dell'impianto ma anche all'esterno per sfruttare l'utilità di un'informazione anche per altre macchine della stessa famiglia prodotte da TENOVA Pomini.

Quando si presenta un'anomalia, non necessariamente grave, è importante registrare l'evento e avere a disposizione i segnali correlati utili a individuarne la ragione. Dall'analisi delle anomalie è poi possibile intervenire sulla macchina per perfezionare l'elemento debole che ha generato la criticità. La quantità di informazione poi migliora se le macchine sono collegate e possono trasmettere le indicazioni aumentando la quantità di dati disponibile e quindi l'efficacia della soluzione [1]. Questo ragionamento è stato alla base dell'idea delle "Talking Machines" e della tecnologia IOT poi diventata Industrial IOT: IIOT.

La possibilità di raccogliere dati è tecnologicamente semplice in una macchina utensile dove è presente un PLC che aggiorna lo stato dei segnali di ingresso e uscita (I/O) con una cadenza nell'ordine dei centesimi di secondo. La soluzione sembra a portata di mano ma ci sono, tra gli altri, due aspetti fondamentali da verificare:

- a. Disporre della sensoristica adeguata
- b. La velocità di campionamento

Non ci soffermiamo ora ad approfondire questi punti ma è utile almeno ricordare che non si possono sempre installare i sensori che ci servirebbero (ad esempio per le dimensioni o perché l'oggetto è in movimento) e che i dati occupano spazio (la capacità di memoria, pur essendo sempre più elevata, è limitata ed è associata a costi). Di conseguenza serve una strategia che consenta di identificare i segnali significativi e di archivarli in modo ottimale per ridurre al minimo lo spazio di memoria necessario.

È importante chiarire bene che lo strumento realizzato non consente di svolgere analisi ad alta frequenza: non

è uno "SCADA SYSTEM", infatti il campionamento realizzabile è nell'ordine di 0,5Hz e non si può pensare di intercettare disturbi a frequenze alte. Invece lo scopo di questo strumento è di lavorare su segnali che derivano in tempi più lunghi rispetto il tempo ciclo PLC e intercettare questi andamenti che spesso non si riescono a percepire attraverso i classici indicatori dell'interfaccia uomo macchina HMI anche a causa della loro lentezza.

Un ulteriore aspetto da considerare è che sempre più spesso, per migliorare le condizioni di sicurezza dell'operatore, le macchine operano in modalità "non presidiata" e l'operatore si trova distante dall'asset e quindi non in grado di percepire condizioni di criticità solitamente evidenziate da fenomeni come ad esempio un rumore anomalo, vibrazioni o il surriscaldamento di alcune parti in movimento.

Dunque la scelta della sensoristica adeguata non ha solo lo scopo di migliorare il monitoring della macchina ma anche di fornire un set di informazioni necessarie per operare da remoto ricevendo dalla sensoristica le informazioni aggiuntive come se l'operatore fosse nelle vicinanze del punto di lavorazione.

Nel complesso queste attività possono dare benefici anche in termini di riduzione dell'impatto ambientale riducendo le quantità di scarti (regrind) [2], un utilizzo ottimizzato delle risorse e dei consumi energetici [3].

SCelta DELLE VARIABILI, TEMPI DI CAMPIONAMENTO E PIATTAFORMA OPERATIVA

Queste scelte iniziali sono fondamentali e specifiche di ciascuna tipologia di macchina e delle sue caratteristiche. Ad esempio, una macchina che utilizza cuscinetti e guide idrostatiche richiede sensori e misure diverse da una che utilizza sistemi idrodinamici.

L'analisi di una macchina è stata svolta dall'ufficio tecnico di Tenova Pomini identificando la componentistica meccanica elettrica ed elettronica soggetta ad usura o guasto ed è stata verificata l'esistenza di un segnale di feedback e, in caso negativo è stata studiata la predisposizione di un nuovo sensore.

Gruppo	Zona	Grandezza misurata controllata	Tipo sensore	Costruttore	Codice costruttore	Codice Pamini	u.m	Range of measure	Tipo di segnale
CARRO-TPM	MANDRINO	Set pressione tasca sup. anteriore	Trasduttore di pressione	IFM	PA3522	271850-475-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Set pressione tasca sup. posteriore	Trasduttore di pressione	IFM	PA3522	271850-475-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Set pressione tasca reggispinta post	Trasduttore di pressione	IFM	PA3522	271850-475-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Variazione pressione tasca sup. anteriore	Trasd. di pressione piezoelettrica	Riels	PR33X	271849-733-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Variazione pressione tasca sup. posteriore	Trasd. di pressione piezoelettrica	Riels	PR33X	271849-733-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Variazione pressione tasca reggispinta post	Trasd. di pressione piezoelettrica	Riels	PR33X	271849-733-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA
		Temperatura tasca anteriore	termocoppia	Centigrado	FE CO J	271852-103-0	°C	0-80	
		Temperatura tasca posteriore	termocoppia	Centigrado	FE CO J	271852-103-0	°C	0-80	
		Mola a 50° accata	proximity	Siemens	3RG40L1-3AB00	277905-608-5	-	-	digitale
		Mola bloccata	proximity	Siemens	3RG40L1-3AB00	277905-608-5	-	-	digitale
		Mola assieme	proximity	Siemens	3RG40L1-3AB00	277905-608-5	-	-	digitale
		Vibrazioni	Accelerometro	MetraMeß- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.	KS48C		Hz	0,3-400	analogico 12-14 V
	TESTA PORTAMOLA	Temperatura scarico olio	PT100	IFM	TM3281-TP 3233	258524-533-0	°C	0-80	analogico 4-20 mA
		Pressione mandata idrostatica mandrino	Pressostato	IFM	PN2021	258524-553-0	bar	0-80	analogico 4-20 mA/digitale
		Portata coolant	Sensore di flusso + temperatura	IFM	SM8004	271849-735-0	l/min °C	15-300	analogico 4-20 mA
		Temperatura coolant	Sensore di flusso + temperatura	IFM	SM8004	271849-735-0	°C	0-50	analogico 4-20 mA
		Pressione coolant	Trasduttore di pressione	IFM	PA3023	258524-595	bar	1-16	analogico 4-20 mA
		Cappa chiusa/bloccata	Finecorsa di sicurezza con interblocc	Euchner	TP3 2131A024M	277905-534-0	-	-	digitale
		Intasamento filtro idrostatica	Pressostato	HYDAC	VD2 LZ 1	300002-390-0	-	-	digitale
		Oltrecorsa/arresto di emergenza	Limitatore di sicurezza	Euchner	NZ18-S-511-M	277905-331-0	-	-	digitale
		Pressione pressurizzazione righe	Pressostato	Festo	...	257707-075-0	bar	0,8-1,2	digitale
		Pressione lubrificazione assi X	Pressostato	IFM	PT5404	271850-476-0	bar	0-10	analogico
		Pressione lubrificazione assi Z	Pressostato	IFM	PT5404	271850-476-0	bar	0-10	analogico
		demagnetizzatore arretrato	proximity	Siemens	3RG40L3-3AB00	277905-605-0	-	-	digitale
	braccio azzeramento patini arretrato	proximity	Siemens	3RG40L3-3AB00	277905-605-0	-	-	digitale	
	cancello cambio mola	Finecorsa di sicurezza con interblocc	Euchner	TP3 2131A024M	277905-534-0	-	-	digitale	
	PROBE	Finecorsa tastatore	Proximity	BERNSTEIN	6502999019	277904-802-0	-	-	digitale
		Slitte off-set inspektor su	Magnetico su cilindro				-	-	digitale
	CAUERO	Slitte off-set inspektor giù	Magnetico su cilindro				-	-	digitale
		Finecorsa tastatore	Proximity	BERNSTEIN	6502999019	277904-802-0	-	-	digitale
	INSPEKTOR	Flusso coolant	Flussostato	IFM	SM6000	258524-550-0	l/min	-	analogico 4-20 mA
		Pressione aria	Pressostato	IFM	PN3004	258524-557-0	bar	-	analogico 4-20 mA

Fig.1 - Tabella dei segnali e dei sensori di monitoraggio dei componenti critici / Table of signals and sensors for critical components monitoring.

La tabella riportata nell'esempio qui sopra è relativa ad una prima indagine effettuata e che ha portato a definire circa 100 sensori e relativi segnali di componenti meccanici importanti della rettificatrice. A questi vanno aggiunti altri dati relativi ai componenti elettrici ed elettronici, questi dati provengono sia dai sensori di campo sia dagli azionamenti e dai motori stessi. Considerando ad esempio una macchina con 8 assi controllati, ci sono mediamente 6 parametri di controllo del motore (posizione, coppia, temperatura, corrente ecc.) e quindi altri 50 parametri circa a cui si aggiungono parametri di controllo legati al processo di lavorazione e derivati da variabili interne al sistema di controllo CNC/PC, ad esempio la quantità di usura utensile.

Al termine dell'analisi siamo arrivati a circa 200 parametri (variabili) da monitorare su cui calibrare le dimensioni dell'Hardware e del Cloud [6]. Bisogna dire che alcuni dati sono solo bit e occupano meno spazio. E' molto importante anche la scelta del metodo di memorizzazione, ad esempio conviene memorizzare il dato solo quando cambia. La scelta del protocollo OPC-UA o di un altro protocollo adeguato è un passaggio da non sottovalutare per ottimizzare sia lo spazio che l'utilizzo dei dati. Per avere un'idea delle dimensioni relative a questa applicazione, abbiamo rilevato un utilizzo giornaliero medio di

- 32Mb per sistemi installati su macchine con tecnologie HW/SW non di ultima generazione
- 53Mb per macchine dotate di un sistema HW/SW completo di ultima generazione

Un aspetto importante da valutare bene tra le attività preliminari allo sviluppo del progetto è relativo alla rappresentazione dei dati nell'interfaccia; si deve distinguere tra quello che viene definito il monitoraggio delle condizioni attuali e quello che riguarda invece indicatori specifici di manutenzione e che fanno riferimento all'andamento dei dati nel tempo. Questa scelta condiziona la struttura dei dati in CLOUD, la nostra scelta è stata quella di collaborare con Microsoft per realizzare una piattaforma CLUD di TENOVA utilizzando "Microsoft Azure". Nel sistema da noi realizzato i dati vengono classificati come dati "live", dedicati a rappresentazioni real time o "Hystorical Data" dedicati esclusivamente all'analisi degli algoritmi di Predictive Manitenence. Per la rappresentazione dei dati abbiamo invece sviluppato un'interfaccia mediante una piattaforma specifica denominata: "TENOVA WIDE". Nella fase iniziale del progetto queste soluzioni erano state valutate come le più idonee e flessibili per gli sviluppi del lavoro.

Oggi esistono diverse piattaforme in commercio che consentono una gestione già ottimizzata dei dati come quella di Microsoft Azure o quella sviluppata da Siemens "Mind-

Sphere” che offre una soluzione già adatta per il mondo della macchina utensile.

CAMBIO DI PARADIGMA

Non aspettare che un allarme si presenti per eseguire la manutenzione ma mantenere le condizioni della macchina al meglio sfruttando i tempi di fermo programmati.

Sembra una frase scontata ma non è così quando un impianto è sottoposto a lavorare in continuo e l'unico strumento disponibile per organizzare la manutenzione è una tabella di basata sui tempi di utilizzo. Il cambio di paradigma, ovvero una manutenzione basata sul monitoraggio continuo e il mantenimento delle condizioni ottimali senza aspettare la rottura o il danneggiamento di un componente [5], richiede un sistema di monitoraggio che possa indicare in anticipo l'insorgere di un'anomalia.

È anche utile evidenziare che a volte, pur non essendoci un'anomalia specifica, le lavorazioni della macchina presentano difetti che, sebbene nelle tolleranze, denotano

che qualcosa non sta funzionando correttamente. Ad esempio, il ciclo deve essere ripreso o le compensazioni degli errori tendono ad aumentare di valore ecc. Ecco, infatti, che il costruttore della macchina, che ben conosce anche il processo di lavorazione, è in grado di sviluppare un pacchetto di monitoraggio per la manutenzione predittiva più completo rispetto i sistemi basati solo sui segnali; si tratta di un valore aggiunto importante da considerare quando si parla di asset complessi come le macchine utensili.

Per questo le figure coinvolte e interessate in un sistema ben organizzato sono:

- L'utilizzatore della macchina (proprietario dell'impianto) assieme ai tecnici della manutenzione dell'impianto.
- Il costruttore della macchina.
- Il servizio di assistenza (SERVICE) che supervisiona l'intera rete

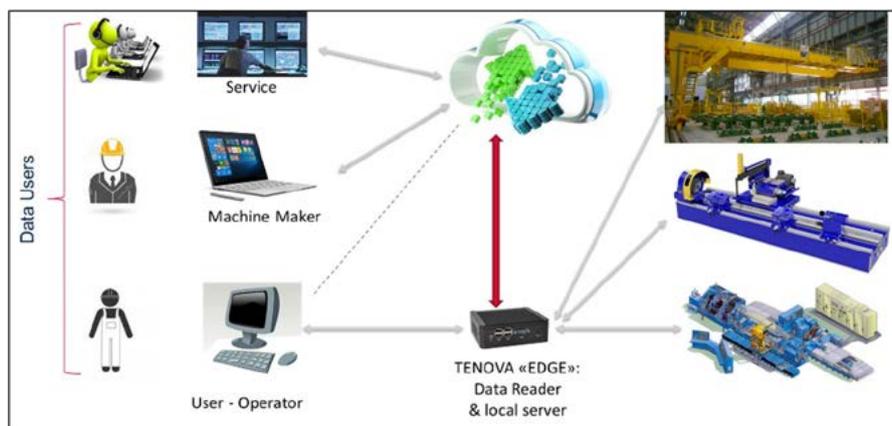


Fig.2 - Persone coinvolte nella Predictive Maintenance / People involved in Predictive Maintenance.

L'utilizzatore della macchina riceve gli avvisi in merito alle necessità di manutenzione dal sistema di Predictive Maintenance; anche il costruttore riceve le segnalazioni ed elabora i segnali per migliorare la qualità della macchina e perfezionare il sistema di monitoraggio (aggiornamento della sensoristica) e, grazie al collegamento CLOUD, anche il Servizio di Assistenza intercetta la criticità e può attivarsi per organizzare sollecitazioni di intervento o predisporre i ricambi per minimizzare tempi di fermo macchina. Un guasto intercettato in anticipo ha maggiori probabilità di essere risolvibile anche da remoto

evitando l'invio di un tecnico specializzato per riparare un elemento di macchina rotto, con risparmio di risorse per la produzione ma anche vantaggi per l'ambiente (riduzione degli spostamenti).

IMPLEMENTAZIONE DEL PROGETTO

Le competenze necessarie per realizzare un progetto di queste dimensioni e la possibilità di validare i risultati attraverso un caso reale hanno richiesto la collaborazione di tre partner del consorzio CyberMan4.0:

- TENOVA POMINI – è il produttore delle macchine

- ii. Definizione e installazione dell'HW necessario
- iii. Raccolta dei dati
- iv. Sviluppo degli algoritmi di PM e calibrazione con i dati raccolti
- v. Implementazione delle soluzioni definite e avvio della fase di test preliminare
- vi. Regolazione e Validazione della soluzione con raccolta dei risultati
- vii. Attività di coordinamento

Le attività svolte nell'ambito dello "USE CASE ARVEDI" sono state facilitate dal fatto che la macchina è di produzione Pomini e quindi era ben noto come fosse organizzata la manutenzione per cui ci siamo concentrati sulle anomalie registrate negli anni di utilizzo scoprendo che la natura dei problemi è legata soprattutto alle condizioni di utilizzo e a particolari lavorazioni che sono maggiormente usuranti per alcuni componenti meccanici.

Un tema particolarmente significativo è stata l'analisi di un

problema legato alle guide idrostatiche che ha richiesto prelievi di olio idrostatico mensili e una analisi dei campioni per identificarne le ragioni del deterioramento.

I test tribologici effettuati nei laboratori di RINA-CSM hanno evidenziato che le condizioni dell'olio, da un punto di vista delle caratteristiche chimico fisiche, rimanevano invariate anche oltre i tempi consigliati per il ricambio; ad esempio, il coefficiente di attrito rimaneva invariato per l'intero periodo (come mostrato nella figura 4 a 4 misure effettuate in un intervallo di 11 mesi). Dall'analisi microscopica SEM del residuo fisso dell'olio è emersa la presenza di microparticelle provenienti da parti metalliche del cilindro, dall'abrasivo e dal legante mola non intercettate dal filtro dell'olio; si è dedotto quindi che sono queste particelle che vanno ad ostruire i regolatori idrostatici fino a bloccarli e provocare l'azzeramento del meato con il conseguente blocco del carro mola per il contatto tra le due guide senza meato idrostatico.

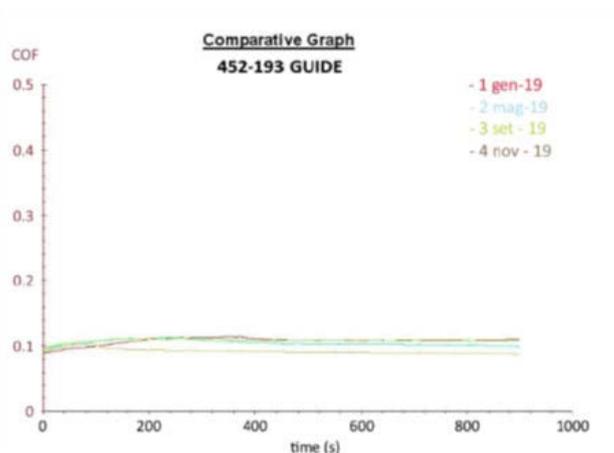


Fig.4 - Misure del coefficiente di attrito / Friction coefficient measurements.

Questa analisi ci ha portato a selezionare un sensore della qualità dell'olio in grado di indicare il livello di contaminazione e quindi di utilizzare tale valore per la manutenzione predittiva; contemporaneamente sono state adottate contromisure per migliorare il sistema di protezione e di filtraggio dell'olio (modifiche costruttive).

Questo esempio riportato è interessante perché spiega come: attraverso l'analisi approfondita di un problema, si arrivi ad una precisa identificazione delle cause e a definire il sensore più adatto alla verifica delle condizioni ed anche a un miglioramento della macchina a implementato del costruttore.

In parallelo alle attività di WP2 l'unità TENOVA DIGITAL si è occupata di sviluppare l'infrastruttura CLOUD e consentire l'avvio della raccolta dati (WP3) che è iniziata a pieno ritmo dopo circa un anno dall'avvio del progetto.

Le attività di WP4 invece sono state svolte sia da RINA-CSM che ha lavorato principalmente sui dati relativi ai motori elettrici sia da Pomini che si è occupata di indicatori derivati dai dati di lavorazione e di processo [7].

È utile segnalare che la raccolta di dati non è sufficiente a identificare problematiche se questi non sono in qualche modo strutturati. Ad esempio, per rilevare possibili anomalie del mandrino mola si è preso in considerazione il

segnale di corrente e lo si è correlato con la posizione del carro Z identificando una condizione ripetitiva nella quale il mandrino esegue una rampa di accelerazione. In questa condizione, precedente all'inizio della fase di rettifica, è possibile "ascoltare" i segnali di corrente e velocità dei motori, depurati dal rumore generato dalla lavorazione.

Il monitoraggio dei parametri in questa fase di accelerazione ha evidenziato alcuni disturbi rispetto un campione di riferimento ed è stato possibile collegare questo disturbo con un difetto nelle cinghie di trasmissione, dopo la loro sostituzione le rampe di accelerazione si sono riportate molto vicine alla curva di riferimento.

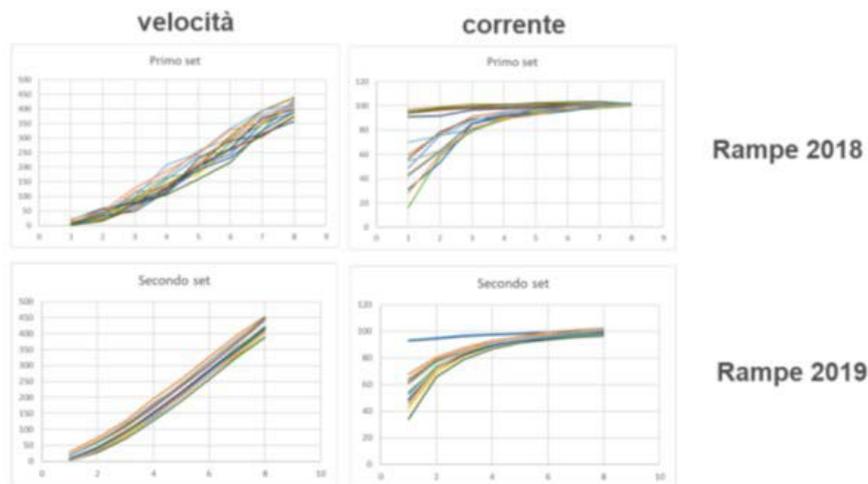


Fig.5 - Indicatori di instabilità mandrino mola / Grinding wheel spindle instability indicators.

Questa analisi ha permesso di individuare un indicatore della qualità del segnale, basato sullo scostamento della rampa rispetto al suo andamento ideale. Per quantificare tale scostamento è stata addestrata una rete neurale a riconoscere il "pattern" ideale della rampa; questa restituisce quindi un valore di errore (distorsione della rampa rispetto a quella ideale) che può essere correlato all'usura del componente e quindi alla sua vita residua utile. Tale approccio, opportunamente perfezionato e validato con ulteriori dati, rappresenta un primo passo verso la costruzione di altri algoritmi per la manutenzione predittiva degli asset della macchina [4].

RISULTATI

La fase relativa alla rappresentazione: WP6, è stata svolta da TENOVA e resa disponibile via web sia ad utenti interni che esterni se registrati alla piattaforma: "Tenova Wide". In questo modo non è stato necessario installare software addizionale in macchina ma tutto è stato reso disponibile da qualunque terminale con accesso alla rete Internet per utenti in possesso delle credenziali di accesso.

A partire dal 2019 tutte le macchine di TENOVA Pomini sono dotate del dispositivo TENOVA EDGE che consente di collegare la macchina a internet e creare un collegamento all'infrastruttura TENOVA CLOUD e attivare le interfacce di monitoraggio e manutenzione. L'acronimo "PDM" che sta per Pomini Digital Monitoring & Maintenance indica le attività digitali introdotte nel sistema grazie anche a questo progetto.

L'interfaccia per l'utente, sviluppata per rappresentare quanto elaborato durante questa ricerca, contiene i seguenti elementi, raffigurati anche nelle immagini di Fig. 6 (qui sotto):

- Una prima schermata è per accedere alla piattaforma (per autenticare l'utente e creare un collegamento protetto e sicuro)
- Si accede quindi ad una schermata di supervisione dell'impianto che riassume lo "stato di salute" di tutte le macchine e la loro produttività settimanale.
- Per ogni macchina si possono selezionare tre scher-

mate di dettaglio della singola macchina che mostrano:

- o L'analisi della produttività della macchina con statistiche basate sugli ultimi sette giorni lavorativi
- o Il monitoraggio dei parametri attuali e l'andamento di alcuni indicatori di lavorazione delle ultime 4

ore

- o La pagina con gli indicatori di Predictive Maintenance
- Una pagina dell'interfaccia è stata dedicata alla visualizzazione dei dati registrati

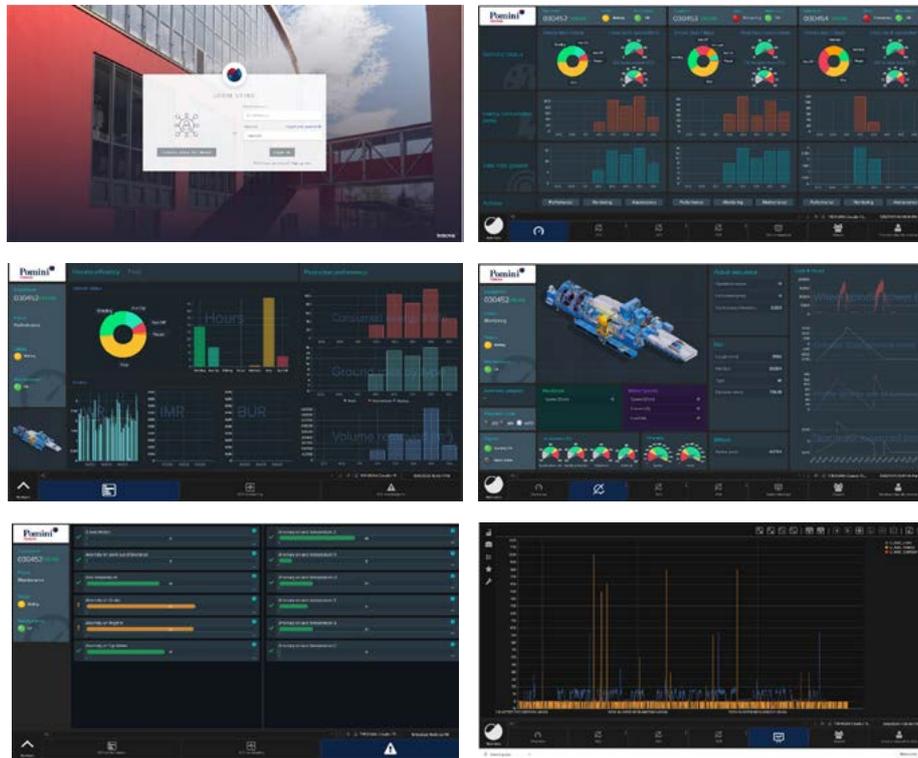


Fig.6 - Esempi interfacce sviluppate per CyberMan4.0 / Examples of developed Interfaces developed in CyberMan4.0.

Per agevolare la comprensione si è privilegiata la forma grafica che consente a colpo d'occhio di comprendere il dato; la scelta dei dati da rappresentare è stata fatta ipotizzando i possibili utenti interessati ad aspetti diversi del funzionamento dell'asset e in particolare:

- Il responsabile del Roll Shop: desidera vedere da remoto se l'intero l'impianto sta producendo secondo le previsioni e se le macchine sono in funzione, ferme per guasti o in stand by, questo per organizzare eventuali flussi diversi di lavorazione
- L'operatore che ha bisogno di vedere se qualche parametro di lavorazione tende a derivare e a portarsi in una zona critica, se ci sono consumi anomali di energia o di utensile, se il ciclo di lavorazione tende a durare sempre di più o se le compensazioni tendono ad

umentare in una direzione fissa ...

- Il manutentore guarda gli indicatori sintetici che esprimono eventuali criticità valutate in cloud analizzando serie di dati di alcuni giorni e suggerendo controlli per prevenire stop indesiderati della macchina in produzione.
- Il costruttore / SERVICE, che può avere un contratto di assistenza attivo, controlla periodicamente tutte le schermate per intercettare le possibili criticità da remoto e, per impedire un fermo macchina inaspettato informa il cliente sulle azioni urgenti di riparazione ed eventualmente organizzare spedizione di ricambi o assistenza diretta o remota. Il costruttore utilizza queste informazioni anche per migliorare il prodotto.

FUTURI SVILUPPI

Questa attività di sviluppo delle interfacce è in continua evoluzione e gli indicatori sono destinati a crescere con il tempo; la strategia è quella di utilizzare eventuali guasti non segnalati in anticipo per stabilire una metodologia futura che eviti il guasto inaspettato. Si può dire quindi che il lavoro in quest'area "non termina mai" ed è indispensabile aggiornare il tutto tenendo conto anche delle modifiche della macchina dei sensori (nuovi e non) in grado di dare informazioni utili a prevenire guasti.

Tra le ultime funzioni sviluppate vi è una sorta di check up periodico degli assi della macchina.

Partendo da una posizione di riposo ben definita nella quale tutti i componenti si trovano fermi alla loro quota di parcheggio, vengono comandati degli spostamenti, compatibili con la lavorazione ma senza eseguire lavorazioni,

producendo: una rampa di accelerazione, un tratto a velocità costante, un arresto con decelerazione e il ritorno alla posizione iniziale. Sincronizzando questi movimenti con un parametro che fa da "trigger" e sfruttando la registrazione sempre attiva dei dati si ottengono grafici di coppia e corrente dei servomotori che possono essere raggruppati e messi a confronto con un riferimento iniziale valido registrato con il sistema "nuovo" e correttamente funzionante.

Questa semplice funzione consente di indicare molto bene l'insorgere di un problema, ad esempio andando a calcolare le dimensioni dell'area descritta dalla curva ideale e la curva reale.

Altre analisi sono state effettuate ricavando degli indicatori correlati alla velocità di un asse e la sua temperatura identificando eventuali attriti anomali.

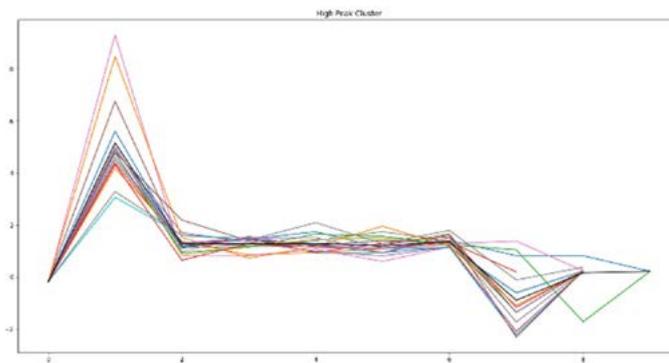


Fig.5 - Sovrapposizione segnale di corrente asse Z in check up / Z axis current signal overlap in check up.

CONCLUSIONI

Grazie al progetto CybeMan4.0 [8] è stato possibile sviluppare un nuovo modo di monitorare la macchina e di controllare automaticamente i dati emessi e registrati in CLOUD. Da questi dati, mediante algoritmi di AI ma anche di semplice analisi statistica, si è passati ad indicatori di manutenzione in grado di predire l'insorgere di una criticità riducendo il verificarsi di guasti inaspettati.

Oggi si sono fatti ulteriori passi in avanti e il lavoro potrà migliorare ulteriormente con le nuove tecnologie e in particolare il 5G che potrebbe aumentare la velocità di aggiornamento in cloud e operare su una vasta gamma di dati. Abbiamo visto anche l'importanza di pre-elaborare i dati e questo richiede un dispositivo locale con le funzioni necessarie per eseguire questa "scrematura" dei dati, il no-

stro dispositivo si chiama TENOVA EDGE.

La diffidenza verso l'utilizzo del cloud ha portato anche a considerare un sistema on-site che non gode di tutte i vantaggi e la tempestività di intervento di un sistema basato sul cloud; tuttavia anche questa soluzione è praticabile. Da un punto di vista tecnologico, con questo lavoro abbiamo dimostrato che è oggi possibile facilmente collegare una macchina e raccogliere dati per intercettare eventuali anomalie in anticipo e garantire un corretto funzionamento nel tempo massimizzando la produttività. Ovviamente non basta il collegamento ma serve anche un sistema di analisi dei dati ben strutturato, oggi con le tecniche di AI non è difficile costruire una "rete neurale" in grado di intercettare anomalie. L'ostacolo principale rimane invece la difficoltà da parte delle aziende di permettere di portare

i dati in cloud rendendo possibile la costruzione di una rete estesa a beneficio di tutti gli utenti.

Oggi possiamo constatare che il monitoraggio e quindi il buon funzionamento di una macchina è anche una scelta nella direzione della sostenibilità perché consente di contenere i consumi energetici, evitare guasti e quindi consumo e utilizzo di pezzi di ricambio ma soprattutto avere un processo di lavorazione con massime performance consumando meno energia e asportando la quantità di materiale necessaria con il minor scarto possibile.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro descritto nel presente documento è stato sviluppato nell'ambito del progetto dal titolo "Cyber-Physical System-based approach for intelligent data-driven maintenance operations applied to the rolling area" (Cyber-Man4.0 G.A. 800657), cofinanziato dall'Unione Europea tramite il "Research Fund for Coal and Steel (RFCS)", che gli Autori ringraziano. La responsabilità esclusiva delle questioni trattate nel presente lavoro è degli autori; l'Unione non è responsabile per l'uso che può essere fatto delle informazioni ivi contenute.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Thoben K-D, Wiesner S, Wuest T. "Industrie 4.0" and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. *International J Autom Technol* 2017; 11:4–19. doi:10.20965/ijat. 2017.p0004.
- [2] Moyne J, Iskandar J. Big Data Analytics for Smart Manufacturing: Case Studies in Semiconductor Manufacturing. *Processes* 2017; 5:1–20. doi:10.3390/pr5030039
- [3] Lee J, Bagheri B, Kao HA. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manuf Lett* 2015; 3:18–23. doi: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
- [4] Wuest T, Weimer D, Irgens C, Thoben K-D. Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications. *Prod Manuf Res* 2016; 4:23–45. doi:10.1080/21693277.2016.1192517
- [5] Kang HS, Lee JY, Choi S, Kim H, Park JH, Son JY, et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *Int J Precis Eng Manuf - Green Technol* 2016; 3:111–28. doi:10.1007/s40684-016-0015-5.
- [6] Kaiser KA, Gebraeel NZ. Predictive maintenance management using sensor-based degradation models. *IEEE Trans Syst Man, Cybern Part A Systems Humans* 2009;39:840–9. doi:10.1109/TSMCA.2009.2016429.
- [7] Predictive Motor Maintenance. Fort Collins: 2016.
- [8] VALENTINA COLLA ET.AL., Cyber-Physical System-based approach for intelligent data-driven maintenance operations in the rolling area, AIM Conference, September 2022

CyberMan4.0: Advanced Maintenance in HSM Roll Shop

"What are we losing by not collecting machine signal data?"

It would be worth asking this question when we consider the benefits deriving from IIOT technologies. The CyberMan4.0 project is an attempt at responding to this question as well as to appreciate the benefits for the user of the asset and for everything upstream and downstream of the system.

The most common challenge when faced with a machine breakdown is to understand the root causes and find a remedy not only for the problem at hand but also for preventing similar problems from occurring in the future. This is easier to achieve when data was gathered from the machine prior to and during the breakdown, as analysing such data can provide very insightful information. This process involves several entities connected to the machine such as the machine operator, maintenance technicians and the manufacturer.

In this project we achieved a "paradigm shift" by examining not only data from the product but also data from the machine and the grinding process, passing from a traditional maintenance management system based on counting hours of operation to a predictive system based on the actual health condition of the components.

KEYWORDS: PREDICTIVE MAINTENANCE, CLOUD NETWORK, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE TOOLS, ROLL SHOP

[TORNA ALL'INDICE >](#)