



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere
II Sessione 2012

Classe	Sezione	Prova	Data
<i>Industriale</i>	<i>A</i>	<i>I Prova</i>	<i>20/06/2013</i>

Tema di: *Energetica*

L'impatto delle attività di conversione energetica in termini di emissioni clima-alteranti: dopo un inquadramento della problematica, il candidato scelga una o più tecnologie nell'ambito della conversione energetica e/o della refrigerazione e discuta le relative criticità e potenzialità di mitigazione dell'impatto, possibilmente valutato sull'intero ciclo di vita degli impianti.

Tema di: *Meccanica*

Realizzazione di un'attrezzatura/macchina operatrice automatica a livello prototipale:
Discutere e descrivere sinteticamente in sequenza il processo completo delle fasi operative a partire dal livello di progettazione preliminare fino al collaudo finale della macchina nelle sue fasi tipiche delle costruzioni meccaniche in modo articolato, dettagliando gli strumenti impiegati ed i controlli/verifiche applicati, ipotizzando comunque che le specifiche tecniche funzionali e costruttive siano a priori definite.

Tema di: *Elettrica*

La produzione dell'energia elettrica: fonti tradizionali e rinnovabili, tecnologie e apparati descritti e confrontati in un inquadramento ragionato in termini tecnici, economici ed ambientali.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

Tema di: *Impianti*

Industrial asset management. Il candidato illustri in generale la tematica della gestione dei beni strumentali industriali quali macchine, attrezzature e impianti, soffermandosi e approfondendo una tematica a sua scelta fra la gestione economica e patrimoniale, o la gestione mediante sistemi informativi del loro ciclo di vita, oppure le strategie di manutenzione. Il candidato evidenzi quali sono gli aspetti di maggiore attualità nel panorama industriale presente, anche in relazione alla congiuntura economica.

Tema di: *Biomedica*

Descrivere i principali settori di applicazione della bioingegneria elettronica nella ricerca, realizzazione e gestione di prodotti software e hardware in ambito clinico e biologico mettendone in risalto l'aspetto interdisciplinare.

Tema di: *Automazione*

Testo: Il candidato individui e discuta alcuni ambiti di applicazione (tradizionali o potenziali) delle tecniche di automazione industriale, evidenziandone benefici ed eventuali controindicazioni. Il contenuto, la capacità di sintesi e la chiarezza espositiva costituiranno i principali elementi di valutazione.



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere
I Sessione 2013

Classe	Sezione	Prova	Data
Industriale	A	II Prova	27/06/2013

Tema di: *Energetica*

I cicli "sottoposti": il candidato discuta una o più tecnologie a sua scelta per la conversione di calore di scarto in lavoro utile, descrivendo gli schemi di impianto, i fluidi di lavoro, le criticità e le potenzialità di sviluppo.

Tema di: *Elettrica*

Il candidato illustri le linee progettuali per la realizzazione di un impianto di produzione integrata di energia elettrica e cogenerazione alla luce della normativa più recente in materia di connessione delle utenze attive e passive alla rete delle imprese distributrici di energia elettrica (Norme CEI 0-16 e CEI 0-21).

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi e svolgere le considerazioni che riterrà utili per lo sviluppo dell'elaborato.

Tema di: *Impianti*

Negli impianti industriali le prestazioni tecnico economiche sono fortemente influenzate dall'affidabilità delle singole macchine e dalla disponibilità complessiva delle linee produttive. In particolare, l'affidabilità di una singola macchina, essendo legata a fenomeni di usura e invecchiamento, è in genere fortemente dipendente dall'età della stessa e può rivestire un ruolo così importante nella composizione dei costi di produzione diretti e indiretti da rappresentare un elemento di scelta gestionale sia in termini di politiche ottimali di manutenzione (Reliability Centered Maintenance) che di istante ottimale di sostituzione. Si presentino uno o più modelli analitici per condurre le suddette scelte in funzione dell'affidabilità nel tempo di un impianto/macchina da mantenere, o dell'affidabilità/produttività di una macchina/impianto da sostituire. Si presentino anche i fattori di scelta importanti, ma non riconducibili direttamente a costi e ricavi di produzione, che possono essere considerati in fase di selezioni di alternative di scelta.

Tema di: *Biomedico*

Fra i vari ambiti dell'ingegneria biomedica ve ne sono di più classici quali l'analisi dei segnali ed altri di sviluppo più recente come l'ingegneria della riabilitazione e le tecnologie assistive. Descrivere e confrontare i principali approcci metodologici o dispositivi disponibili in uno di tali ambiti focalizzando una specifica applicazione.

Tema di: *Automazione*

Il candidato analizzi e discuta le principali tecniche di sintesi per sistemi di controllo, paragonandone punti di forza ed eventuali limitazioni. Il contenuto, la capacità di sintesi e la chiarezza espositiva costituiranno i principali elementi di valutazione.

Tema di: *Meccanica*

Dimensionamento della meccanica e della trasmissione di un carrello automatizzato per applicazione marittima:

Sia dato il carrello rappresentato nelle figure allegate che deve effettuare una corsa di 5000 mm in un intervallo di tempo di 30 s ca., su ruote/cuscinetti/rulli di contrasto, lungo un binario di guida, che applica al sistema di movimentazione un vincolo di tipo prismatico.

L'attuazione della movimentazione è comandata da un accoppiamento dentato costituito da pignone/cremagliera azionato da un riduttore a vite senza fine, a sua volta azionato da una trasmissione a cinghia dentata motorizzata da un motore elettrico asincrono trifase.

Il motore è del tipo ad albero bisporgente per consentire l'applicazione di una manovra di emergenza di tipo manuale inseribile dall'esterno.

Infine, per garantire il corretto accoppiamento tra pignone e cremagliera il gruppo di attuazione è montato su di una piastra mobile/registrabile, mantenuta in posizione da una coppia di molle a compressione.

Dati di riferimento per il dimensionamento:



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere
I Sessione 2013

- Massa del carrello completo 220 kg;
- Massa del carico nominale 500 kg;
- Angolo di rollio max. nave 20 deg.;
- Periodo di rollio 10 s.

Il candidato sviluppi sinteticamente una relazione con figure schematiche esplicative che contenga le ipotesi, le considerazioni, le scelte effettuate e riporti le valutazioni di calcolo sviluppate per il dimensionamento; una tabella finale riporti il prospetto generale del dimensionamento.

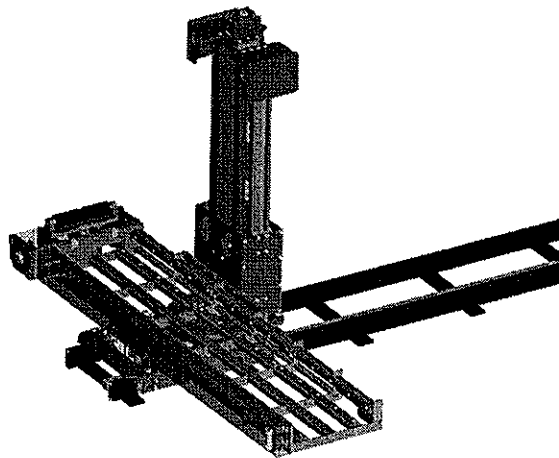


Fig.1 – Vista Assieme Unità Manipolatore

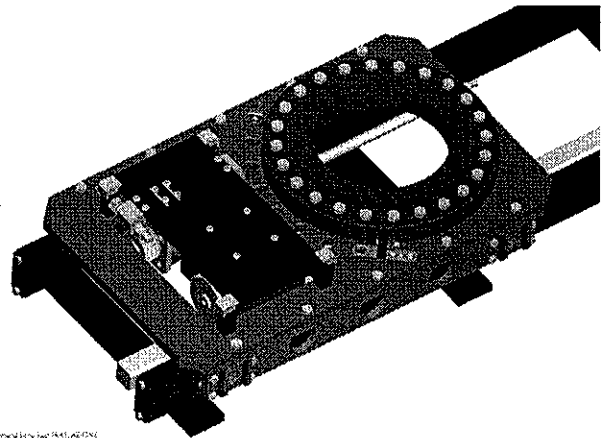


Fig.2 – Vista Assieme Carrello Traslazione

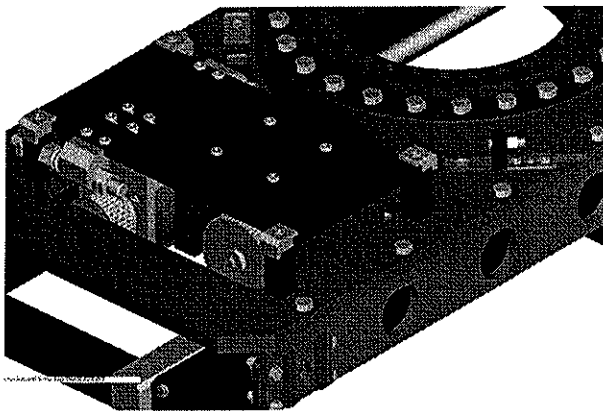


Fig.3 – Vista Dettaglio Carrello Traslazione

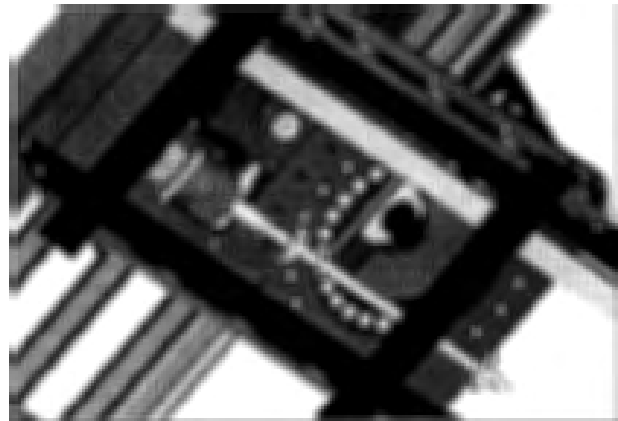


Fig.4 – Vista Dal Basso Carrello Traslazione



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere
I Sessione 2013

Classe	Sezione	Prova	Data
Industriale	A	4	19 settembre 2013

Tema di:	Meccanica
----------	------------------

Testo:

Progetto di un Sollevatore Elettromeccanico
per applicazione industriale:

Sia data una colonna di sollevamento rappresentata schematicamente ed a scopo non vincolante nelle figure allegate che deve effettuare una corsa di 1000 mm in un intervallo di tempo di 40 s tra il livelli di 250 e 1250 mm dal piano di terra (riferimento); la struttura viene installata/staffata sul piano di riferimento con adeguati sistemi di fissaggio che ne rendono possibile la registrazione dell'asse principale.

Il carico da movimentare è costituito da un contenitore di geometria cubica con lato di 500 mm e con massa complessiva di 1000 kg che viene appoggiato/staffato su di un apposito pianale di struttura adeguata alla rispettiva funzionalità.

L'attuazione della movimentazione è comandata da un accoppiamento elicoidale di tipo trapezio (vite rotante con madrevite traslante) azionato da una motorizzazione elettromeccanica di tipo asincrono trifase.

Per la trasmissione primaria (tra motore e vite trapezia) viene applicato un riduttore ad ingranaggi di adeguato rapporto di trasmissione, mentre è libera, purché motivata, la scelta del sistema di guida del pianale di supporto del carico.

Al candidato è richiesto quanto segue:

1. Impostazione del progetto con considerazioni funzionali, strutturali e costruttive sulle scelte delle soluzioni alternative effettuate;
2. Dimensionamento degli organi meccanici della struttura portante e delle trasmissioni con considerazioni sulle condizioni di carico e sulla sicurezza funzionale ed antinfortunistica;
3. Disegno di studio di livello preliminare/schematico dell'assieme e dei dettagli dello accoppiamento tra pianale mobile, madrevite e vite trapezia.

Il candidato sviluppi sinteticamente una relazione con figure schematiche esplicative che contenga le ipotesi, le considerazioni, le scelte effettuate e riporti le valutazioni di calcolo sviluppate per il dimensionamento; una tabella finale riporti il prospetto generale del dimensionamento.

Il candidato produca inoltre una serie di disegni almeno a livello schematico l'assieme del macchinario nelle viste ortogonali ed almeno il dettaglio relativo alla realizzazione del sistema di movimentazione.

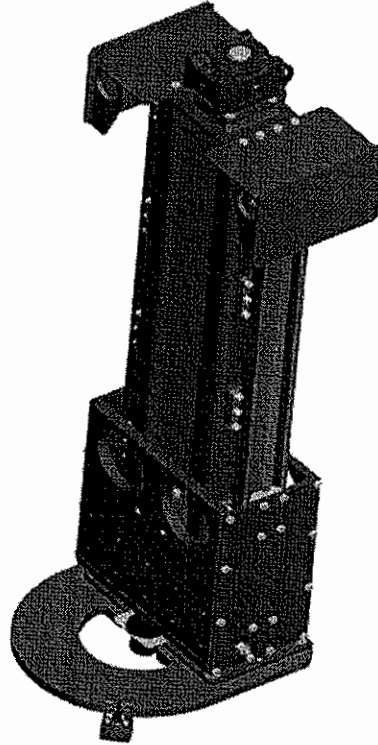


Fig.1 – Vista Lato Anteriore Assieme Colonna Sollevatore (Solo di Esempio)

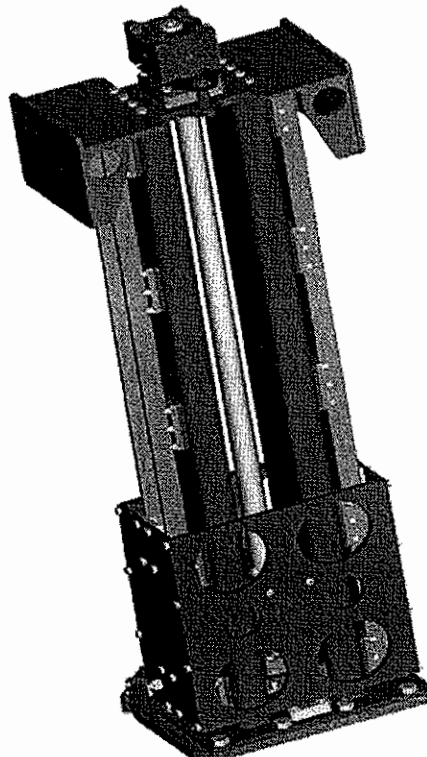


Fig.2 – Vista Lato Posteriore Colonna Sollevamento (Solo di Esempio)

Tema di: *BIOMEDICA*

Si descrivano nel dettaglio le fasi di elaborazione di un segnale biomedico, dalla sua acquisizione alla estrazione di parametri di interesse clinico, descritte nel seguente schema a blocchi (Fig.1), evidenziando limitazioni e problematiche.

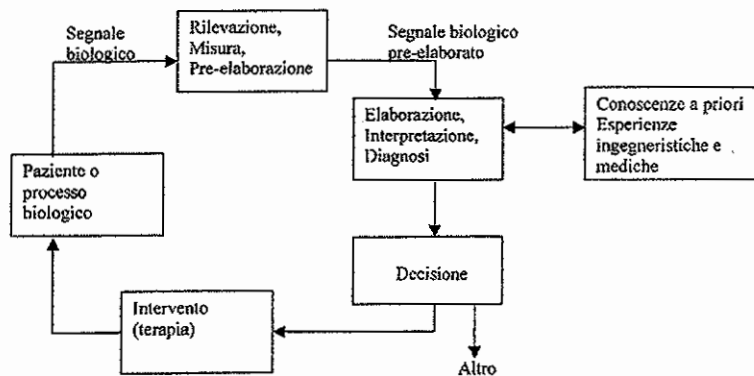


Fig. 1 - Schema a blocchi generale delle operazioni coinvolte nel processo di elaborazione e di interpretazione dei segnali biomedici.

In particolare, per quanto riguarda la fase di elaborazione e con riferimento alla modellizzazione di tipo "black box", descrivere la procedura dell' identificazione dei sistemi dinamici lineari la cui struttura generale è rappresentata dallo schema seguente (Fig. 2):

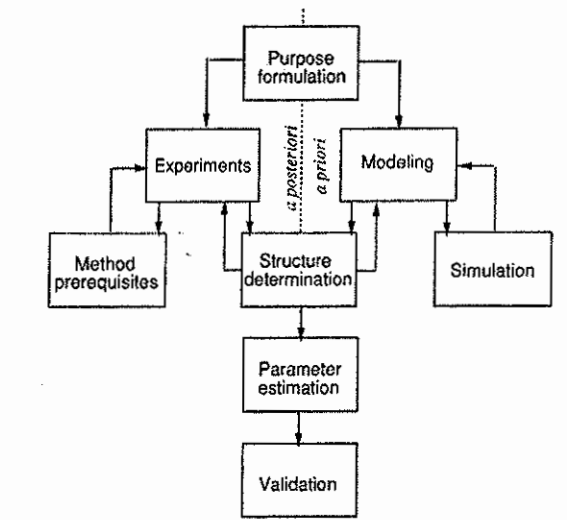


Fig. 2 - La procedura dell'identificazione

Applicare la procedura di identificazione di sistemi lineari al seguente problema clinico.

Il cuore è stimolato alla contrazione da un gruppo di cellule specializzate del muscolo cardiaco (miocardio) dette nodo seno-atriale, localizzate alla giunzione della vena cava e dell'atrio destro. Lo stimolo elettrico è trasmesso al nodo atrioventricolare, situato a livello del setto atrioventricolare sulla parete destra, e da qui, attraverso le due branche del fascio di His, stimola la contrazione dei ventricoli (Fig.3a). Il cuore è in grado di pompare efficientemente solo quando le contrazioni di tutte le fibre muscolari sono in perfetto sincronismo.

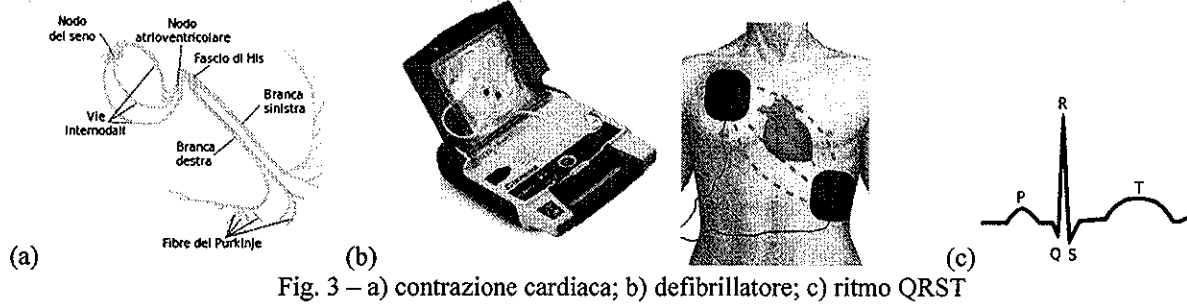


Fig. 3 – a) contrazione cardiaca; b) defibrillatore; c) ritmo QRST

La maggioranza degli arresti cardiocircolatori (ACR) improvvisi è dovuta a ritmi cardiaci anomali chiamati aritmie, delle quali la fibrillazione ventricolare (FV) è la più comune. In FV, il normale ritmo di contrazione ventricolare è sostituito da un rapido e irregolare susseguirsi di contrazioni che risulta inefficiente e riduce notevolmente l'effetto pompa. Se il ritmo normale non è prontamente ristabilito, la morte è inevitabile.

Per il ripristino di un ritmo cardiaco corretto si interviene con la defibrillazione, che consiste nell'applicazione di uno shock elettrico al cuore attraverso il torace del paziente, effettuata con uno strumento chiamato defibrillatore. Se la defibrillazione è effettuata entro i primi minuti dall'ACR, il tasso di sopravvivenza dopo una FV può essere significativamente elevato. Per attivare il defibrillatore l'operatore attacca due elettrodi autoadesivi ai cavi e applica gli elettrodi al paziente nella zona sottoclavicolare destra e sottoascellare sinistra mediante ampie piastre che garantiscono una corretta e stabile adesione alla parete toracica (Fig 3b).

La dose d'energia necessaria è legata a dei protocolli internazionali. Si applica una scarica da 200 joule, con scariche successive da 300 a 360 joule: dopo una terza scarica vengono utilizzati anche mezzi di supporto (farmaci) e vengono ripetute scariche da 360 joule. La scarica viene somministrata dall'apparecchio in maniera sincrona cioè 0,02 secondi dopo l'onda R, per evitare che avvenga durante la fase dell'onda T (ripolarizzazione ventricolare) (Fig.3c).

Di solito più è alta l'energia più è efficace la scarica di defibrillazione, anche se ciò che rende efficace una defibrillazione non è tanto la quantità di energia scaricata sul paziente ma la corrente di attraversamento medio del miocardio. Le due grandezze sono intimamente legate attraverso l'impedenza elettrica del paziente (e delle piastre da defibrillazione): a parità di energia, all'aumentare dell'impedenza del paziente diminuisce la corrente di attraversamento medio del miocardio. Pertanto l'efficacia della defibrillazione è legata al tipo di forma d'onda di scarica che può essere più o meno efficiente a seconda che riesca o meno a compensare in modo attivo l'impedenza del paziente.

La forma d'onda del defibrillatore è un grafico del voltaggio al variare del tempo. Fino a poco tempo fa i defibrillatori esterni usavano una delle due onde:

- la monofasica sinusoidale smorzata (Fig.4a), ottenuta tramite la scarica della tensione di un condensatore attraverso un circuito RLC, dove R è la resistenza del paziente. Con questo tipo di defibrillatori l'efficacia (% di defibrillazioni efficaci) diminuisce per impedenze elevate del paziente.
- la monofasica esponenziale troncata (Fig.4b), dove la forma d'onda della corrente è definita da un circuito RC. La corrente viene erogata fino al raggiungimento dell'energia desiderata. Per valori elevati di resistenza la corrente ha valori bassi e durata eccessiva.

Oggigiorno si utilizza l'onda bifasica (doppio esponenziale troncato): la corrente prima fluisce in una direzione positiva poi in direzione negativa creando così due fasi nella propagazione della forma d'onda e necessitando di una minor energia per un'efficace defibrillazione limitando gli eventuali effetti di un errore (Fig.4c). I defibrillatori che utilizzano questa nuova tecnica sono più piccoli, più leggeri, hanno minori consumi (batterie), minori costi di manutenzione.

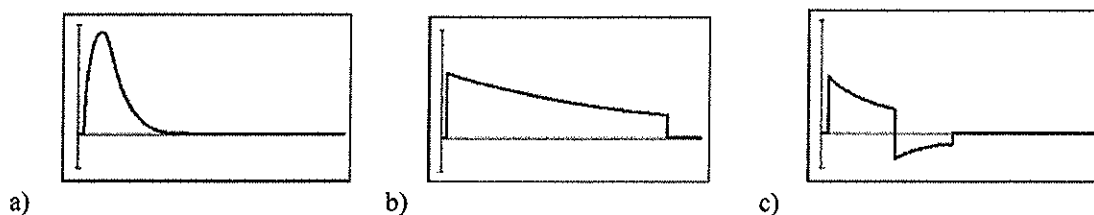


Fig.4 – a) onda monofasica sinusoidale smorzata; b) onda esponenziale troncata; c) onda bifasica

La ricerca è indirizzata alla definizione di un'onda ottimale, per l'applicazione nei defibrillatori automatici esterni (AED).

L'onda ottimale può essere determinata dalla conoscenza dell'impedenza transtoracica, composta da quella del dispositivo di defibrillazione, da quella del tessuto (cardiaco e extracardiaco) e da quella dell'interfaccia fra elettrodi e tessuto.



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere

I Sessione 2013

Poiché il livello di energia del defibrillatore è prefissato prima della somministrazione della scarica, l'impedenza transtoracica determina univocamente la quantità di corrente che fluisce al miocardio. La resistenza e la capacità transtoracica possono consentire di determinare la soglia di defibrillazione, cioè la scarica minima per una defibrillazione efficace.

Si può modellizzare l'impedenza transtoracica mediante una resistenza R_t ed un condensatore C_t in serie (Fig.5).

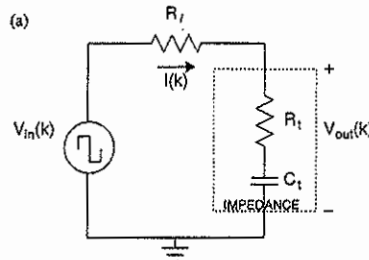


Fig.5 – Circuito per la stima dell'impedenza transtoracica. $I(k)$ =corrente; $V_{out}(k)$ =tensione impedenza transtoracica

La tensione di ingresso V_{in} è un'onda quadra a 1Hz della durata di 0,2s; R_l è la resistenza di carico. La funzione di trasferimento fra la tensione in ingresso V_{in} e la tensione di uscita V_{out} (tensione transtoracica, attraverso R_t e C_t) si ottiene dall'analisi circuitale (Eq.1):

$$\frac{V_{out}(z)}{V_{in}(z)} = \frac{\frac{R_l + \frac{1}{C_t}}{R_l + R_t + \frac{1}{C_t}} + \frac{\frac{1}{C_t} - R_l}{R_l + R_t + \frac{1}{C_t}} z^{-1}}{1 + \frac{\frac{1}{C_t} - R_l - R_t}{R_l + R_t + \frac{1}{C_t}} z^{-1}} \quad (1)$$

Una funzione di trasferimento equivalente si ottiene utilizzando un adeguato modello lineare ed applicando la procedura di identificazione parametrica descritta in precedenza. I dati di ingresso e uscita sono 1000 campioni di V_{in} e V_{out} con frequenza di campionamento 1 kHz. Il vantaggio nell'utilizzo di tale procedura consiste nella possibilità di stimare la corrente di picco a prescindere dal tipo di forma d'onda.

1. Definire il modello più adeguato in questo caso, il metodo di stima dell'ordine ottimo del modello e quello per la stima dei parametri.
2. Con riferimento alla seguente modellizzazione parametrica

$$\tilde{V}_{out}(k) = -a_1 \tilde{V}_{out}(k-1) + b_0 \tilde{V}_{in}(k) + b_1 \tilde{V}_{in}(k-1)$$

dire di che modello si tratta, determinare la funzione di trasferimento analoga alla (1) ed esplicitare le relazioni fra i corrispondenti parametri delle due funzioni (cioè esprimere a_i e b_i in funzione di R_t , C_t ed R_l).

3. Uguagliando le due funzioni di trasferimento esprimere la resistenza transtoracica R_t in funzione di R_l , b_0 e b_1 .

Tema di: Elettrica

Con la delibera 562/2012/R/EEL l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) ha dettato i tempi di entrata in vigore della Norma CEI 0-16 ed III e ha disposto che la stessa si applichi per impianti che entrano in esercizio dopo il 31 dicembre 2012, ad eccezione del capitolo inerente la protezione di interfaccia (per richieste di connessione dopo il 31 marzo 2013) e alcune parti inerenti gli inverter (suddivise per richieste di connessione dopo il 31 marzo 2013 e dopo il



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere

I Sessione 2013

30 settembre 2013). L'AEEG ha specificato che è possibile connettere impianti di produzione per i quali sono già rispettate le condizioni che saranno obbligatorie solo nel caso di connessioni a partire da date successive.

Con questa premessa, si consideri un impianto fotovoltaico da 8 MW di potenza di picco progettato nel mese di luglio 2012 la cui entrata in funzione era prevista per il mese di dicembre 2012.

Per cause non dipendenti dal progettista, l'entrata in servizio è stata posticipata, inizialmente, al mese di maggio 2013 e, successivamente, al mese di ottobre 2013. Pertanto, al progettista, è stato chiesto di adeguare il progetto secondo la nuova delibera, affinché l'impianto possa entrare in funzione nel mese di ottobre 2013.

Al candidato è chiesto di:

- Discutere le problematiche introdotte dalla Generazione Distribuita (GD) nella stabilità della Rete Elettrica Nazionale.
- Evidenziare le principali modifiche introdotte dall'AEEG con le delibere 84/2012/R/EEL e 562/2012/R/EEL rispetto alle precedenti condizioni richieste per la connessione di utenti attivi alla rete MT.
- Proporre le modifiche che devono essere introdotte ad un progetto realizzato prima del 31 dicembre 2012 perché sia adeguato alla normativa in vigore al 30 settembre 2013.
- Descrivere le principali caratteristiche ed i componenti di un sistema di protezione generale (SPG), con particolare riferimento al dispositivo di protezione generale (PG) e alla definizione delle soglie permissive.

Tema di:	IMPIANTI
-----------------	-----------------

Una azienda manifatturiera produce con una sua linea di produzione, incentrata su una stazione di lavoro ad avanzata tecnologia un pezzo meccanico (prodotto A) parte di una macchina, fornendolo ad un cliente industriale in grado di garantire una richiesta costante durante gli 11 mesi di apertura dell'impianto. Gli attuali livelli produttivi sono però inferiori a quanto sarebbe richiesto dal cliente che, per soddisfare la domanda del suo mercato si rivolge anche ad un concorrente dell'azienda.

L'azienda lavora su due turni consecutivi di otto ore, con inizio alle 6:00, 5 giorni su sette, per tutto l'anno ad esclusione delle feste di calendario e dell'intero mese di agosto. Su tale calendario è basato il contratto di lavoro integrativo aziendale, che prevede una scarsa flessibilità dell'orario di lavoro rendendo il ricorso sistematico allo straordinario così problematico e antieconomico da farlo considerare impraticabile.

Le caratteristiche di targa della linea in oggetto consentono a regime in condizioni ideali di realizzare un pezzo mediamente ogni 135 secondi. Alla macchina sono addetti con continuità tre operai non qualificati.

I dati di funzionamento della linea, ricavati dal registro di stabilimento per un congruo periodo di tempo, sono riportati in tabella 1.

La registrazione relativa a quattro gravi guasti verificatisi nel periodo sono riportati in tabella 2.

Dalle tabelle si evincono problemi di perdita di produttività legati alla gestione sia della disponibilità operativa della linea, che della efficienza produttiva e resa di conformità della stessa.

La linea, soggetta ad usura di parti meccaniche critiche, viene mantenuta durante la fermata generale di agosto, mediante un contratto di outsourcing da una ditta specializzata, che ne ripristina il funzionamento riportandola alla condizione ideale iniziale.

I guasti che si verificano durante l'impiego possono lo stesso essere riparati ripristinando la macchina nella sua condizione ideale, ma comportano un intervento molto più lungo, con sostituzione di pezzi danneggiati dal guasto, oltre al pezzo oggetto di usura. L'intervento avviene da parte di una ditta esterna che fattura le ore di intervento a 55€/h + IVA, oltre ad un canone annuo di reperibilità, che assicura l'intervento solo in orario di lavoro.



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere

I Sessione 2013

I dati dei costi di produzione e di gestione di impianto sono desumibili dagli estratti di bilancio e delle bollette energetiche che si riportano in tabella 3 e seguenti. Il costo della manodopera interna, comprensivo di tutti gli oneri sociali è di 35€/h.

Si chiede di argomentare con elementi qualitativi e quantitativi sulle possibilità di miglioramento delle performance di linea ed aziendali in generale, intervenendo sulle politiche di gestione dell'impianto e della fornitura del servizio di manutenzione, adottando criteri e misuratori riconosciuti nella attuale pratica industriale.

In particolare il fornitore del servizio di manutenzione annuale e a chiamata su guasto si è dichiarato disponibile a svolgere una manutenzione di tipo preventivo anche durante l'anno, utilizzando tre operai specializzati, per una durata presumibile di 14 ore, ed un costo di materiali di 220€ a operazione. Il costo del personale è di 50€/h per addetto, mentre non è prevista una quota fissa per la reperibilità, potendo pianificare gli interventi. Viste le lunghe fermate il terzista offre anche la possibilità di intervenire fuori orario di lavoro ma al costo di 55€/h.

Esistono inoltre opportunità di intervenire sulla struttura del centro di lavoro per poterne migliorare l'efficienza e la resa di conformità. E ci si chiede quale sia il trade-off fra recupero di produttività e investimento necessario.

Nota:

Il tema progettuale, non prevede una soluzione esatta, ma tante possibili soluzioni gestionali. I dati potrebbero non essere tutti disponibili (come nella realtà industriale), così come non direttamente ricavabili con gli strumenti a disposizione.

Concorreranno quindi alla valutazione della prova, oltre alla correttezza delle affermazioni, dei metodi impiegati, dei calcoli effettuati e delle conclusioni, anche il livello di approfondimento della tematica, il grado di approssimazione dei risultati, la completezza degli aspetti trattati, l'esplicitazione e giustificazione delle assunzioni semplificative fatte, la critica sull'assenza di informazioni e cosa questo comporti in termini di efficacia della soluzione individuata. Qualora il candidato non fosse in grado di ricavare dai dati le informazioni necessarie, potrà comunque giustificare tale impossibilità, assumendo per tali parametri valori plausibili, al fine di arrivare comunque alle conclusioni richieste così dimostrando di possedere le conoscenze e la metodologia da impiegare.



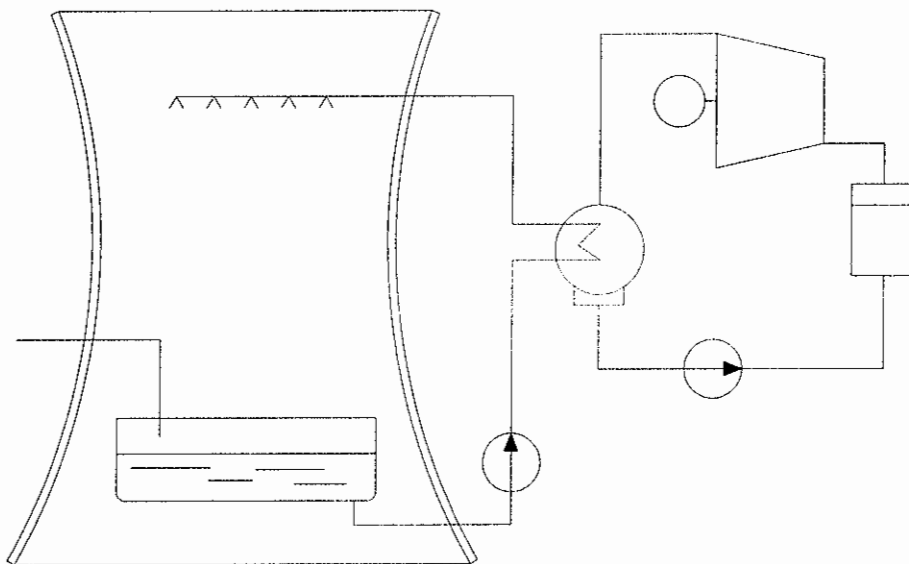
Tema di: *Meccanica Calda*

Un impianto a vapore alimentato a biomassa opera secondo un ciclo Hirn ad un solo livello di pressione, privo di rigenerazione. Il condensatore è raffreddato con acqua proveniente da una torre evaporativa. Le principali specifiche di progetto sono le seguenti:

Potenza elettrica dell'impianto	250 MW
Pressione massima del vapore	49 bar
Temperatura massima del vapore surriscaldato	450 °C
Rendimento isentropico turbina	0.89
Rendimento isentropico pompa	0.85
Temperatura dell'acqua all'ingresso della torre evaporativa	28 °C
Temperatura dell'acqua all'uscita della torre evaporativa	23 °C
Temperatura dell'aria all'ingresso della torre evaporativa	30 °C
Umidità relativa aria all'ingresso della torre evaporativa	40 %
Temperatura dell'aria all'uscita della torre evaporativa	28 °C
Umidità relativa aria all'uscita della torre evaporativa	90 %

1. Determinare le principali grandezze termodinamiche nei vari punti del ciclo;
2. Calcolare il rendimento del ciclo;
3. Calcolare la portata d'aria attraverso la torre e la portata d'acqua di reintegro;
4. Sostituire la torre evaporativa con un condensatore ad aria e ripetere i calcoli, confrontando i risultati, i vantaggi e gli svantaggi delle due soluzioni.

Il candidato scelga realisticamente i dati non specificati e adotti tutte le semplificazioni adeguate ad un calcolo di primo dimensionamento, giustificando le assunzioni fatte.





Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere I Sessione 2013

TABELLA 44-24

Vapore d'acqua surriscaldato (H2O)

Table with columns for pressure (p), temperature (t, T), density (rho), specific volume (v), specific enthalpy (i), and specific entropy (s) for saturated and superheated steam at 50 at and 60 at.

1 at = 1 kp/cm² = 98066,5 N/m² = 9,80665 N/cm² = 0,980665 bar

1 kcal = 4,1868 kJ



Esame di Stato per l'abilitazione alla Professione di Ingegnere
I Sessione 2013

Vapore d'acqua saturo (H₂O)
(alla pressione assegnata)

TABELLA 41-1

Pressione		Temperatura		Densità		Volume specifico		Entalpia specifica				Calore di vaporizzazione		Entropia specifica			
p		t	T	Liquido	Vapore	Liquido	Vapore	Liquido		Vapore		$r = i'' - i'$		Liquido		Vapore	
kp/cm ²	N/cm ²	°C	°K	ρ'	ρ''	v'	v''	i'		i''		kJ/kg	kcal/kg	s'	s''	kJ/kg°K	kcal/kg°K
				kg/m ³	kg/m ³	m ³ /kg	m ³ /kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg°K	kJ/kg°K	kcal/kg°K	kJ/kg°K
0,010	0,098067	6,698	279,848	999,90	0,007599	0,0010001	131,6	6,73	28,177	600,2	2512,917	593,5	2484,866	0,0243	0,1017	2,1451	8,9811
0,015	0,147100	12,737	285,887	999,40	0,01116	0,0010006	89,63	12,78	53,507	602,9	2524,222	590,1	2470,631	0,0457	0,1913	2,1100	8,8341
0,020	0,196133	17,204	290,354	998,70	0,01465	0,0010013	68,25	17,25	72,222	604,9	2532,595	587,6	2460,164	0,0612	0,2562	2,0851	8,7299
0,025	0,245166	20,776	295,374	998,00	0,01809	0,0010020	55,27	20,82	87,169	606,4	2538,876	585,6	2451,790	0,0734	0,3073	2,0657	8,6487
0,030	0,294200	23,772	299,922	997,31	0,02150	0,0010027	46,52	23,81	99,688	607,8	2544,737	584,0	2445,091	0,0835	0,3496	2,0501	8,5834
0,035	0,343233	26,359	299,509	996,61	0,02486	0,0010034	40,22	26,39	110,490	608,9	2549,343	582,5	2438,811	0,0922	0,3860	2,0369	8,5281
0,040	0,392266	28,641	301,791	996,02	0,02820	0,0010040	35,46	28,67	120,036	609,8	2553,111	581,1	2432,949	0,0998	0,4178	2,0255	8,4804
0,045	0,441299	30,69	303,84	995,42	0,03154	0,0010046	31,71	30,71	128,577	610,7	2556,879	580,0	2428,344	0,1066	0,4463	2,0154	8,4381
0,050	0,490333	32,55	305,70	994,83	0,03482	0,0010052	28,72	32,57	136,364	611,5	2560,228	578,9	2423,739	0,1126	0,4714	2,0065	8,4008
0,055	0,539366	34,25	307,40	994,23	0,03808	0,0010058	26,26	34,27	143,482	612,3	2563,578	578,0	2419,970	0,1182	0,4949	1,9983	8,3665
0,060	0,588399	35,82	308,97	993,74	0,04134	0,0010063	24,19	35,83	150,013	612,9	2566,090	577,1	2416,202	0,1232	0,5158	1,9909	8,3355
0,065	0,637432	37,29	310,44	993,15	0,04458	0,0010069	22,43	37,30	156,168	613,6	2569,020	576,3	2412,853	0,1280	0,5359	1,9842	8,3074
0,070	0,686466	38,66	311,81	992,65	0,04782	0,0010074	20,91	38,67	161,904	614,1	2571,114	575,4	2409,085	0,1324	0,5543	1,9779	8,2811
0,075	0,735499	39,95	313,10	992,16	0,05105	0,0010079	19,59	39,96	167,305	614,7	2573,626	574,7	2406,154	0,1365	0,5715	1,9721	8,2568
0,080	0,784532	41,16	314,31	991,67	0,05420	0,0010084	18,45	41,16	172,329	615,2	2575,719	574,0	2403,223	0,1404	0,5878	1,9667	8,2342
0,085	0,833565	42,32	315,47	991,28	0,05744	0,0010088	17,41	42,32	177,185	615,7	2577,813	573,4	2400,711	0,1440	0,6029	1,9616	8,2128
0,090	0,882599	43,41	316,56	990,79	0,06061	0,0010093	16,50	43,41	181,749	616,1	2579,487	572,7	2397,780	0,1475	0,6176	1,9568	8,1927
0,095	0,931632	44,46	317,61	990,39	0,06378	0,0010097	15,68	44,46	186,145	616,6	2581,581	572,1	2395,268	0,1508	0,6314	1,9528	8,1760
0,10	0,980665	45,45	318,60	990,00	0,06689	0,0010101	14,95	45,45	190,290	617,0	2583,256	571,6	2393,175	0,1539	0,6443	1,9480	8,1559
0,11	1,078732	47,33	320,48	989,22	0,07821	0,0010109	13,66	47,32	198,119	617,8	2586,605	570,5	2388,569	0,1598	0,6691	1,9400	8,1224
0,12	1,176798	49,06	322,21	988,44	0,07943	0,0010117	12,59	49,05	205,363	618,6	2589,954	569,5	2384,383	0,1652	0,6917	1,9326	8,0914
0,13	1,274865	50,67	323,82	987,75	0,08562	0,0010124	11,67	50,66	212,103	619,3	2592,885	568,6	2380,614	0,1702	0,7126	1,9260	8,0638
0,14	1,372931	52,18	325,33	987,07	0,09183	0,0010131	10,89	52,17	218,425	619,9	2595,397	567,7	2376,846	0,1748	0,7319	1,9197	8,0374
0,15	1,470998	53,60	326,75	986,39	0,09804	0,0010138	10,20	53,59	224,371	620,5	2597,909	566,9	2373,497	0,1791	0,7499	1,9140	8,0135
0,16	1,569064	54,94	328,09	985,71	0,1041	0,0010145	9,603	54,93	229,981	621,1	2600,421	566,2	2370,566	0,1832	0,7670	1,9086	7,9909
0,17	1,667131	56,21	329,36	985,12	0,1102	0,0010151	9,073	56,19	235,256	621,6	2602,515	565,4	2367,217	0,1871	0,7834	1,9036	7,9700
0,18	1,765197	57,41	330,56	984,54	0,1163	0,0010157	8,601	57,39	240,280	622,1	2604,608	564,7	2364,286	0,1907	0,7984	1,8989	7,9503
0,19	1,863264	58,57	331,72	983,96	0,1224	0,0010163	8,172	58,55	245,137	622,6	2606,702	564,0	2361,355	0,1942	0,8131	1,8944	7,9315
0,20	1,961330	59,67	332,82	983,38	0,1284	0,0010169	7,789	59,65	249,743	623,1	2608,795	563,4	2358,843	0,1975	0,8269	1,8902	7,9139
0,21	2,059397	60,72	333,87	982,80	0,1344	0,0010175	7,442	60,70	254,139	623,5	2610,470	562,8	2356,331	0,2006	0,8399	1,8862	7,8971
0,22	2,157463	61,74	334,89	982,22	0,1404	0,0010181	7,122	61,72	258,409	623,9	2612,145	562,2	2353,819	0,2037	0,8529	1,8823	7,8808
0,23	2,255530	62,71	335,86	981,74	0,1464	0,0010186	6,833	62,69	262,470	624,3	2613,819	561,6	2351,307	0,2066	0,8650	1,8786	7,8653
0,24	2,353596	63,65	336,80	981,26	0,1523	0,0010191	6,565	63,63	266,406	624,6	2615,075	561,0	2348,795	0,2094	0,8767	1,8751	7,8507
0,25	2,451663	64,56	337,71	980,78	0,1583	0,0010196	6,318	64,54	270,216	625,0	2616,750	560,5	2346,701	0,2121	0,8880	1,8718	7,8369
0,26	2,549729	65,44	338,59	980,20	0,1643	0,0010202	6,088	65,42	273,900	625,4	2618,425	560,0	2344,608	0,2147	0,8989	1,8685	7,8230