

**MECCANICA, MECCATRONICA ED ENERGIA  
  
Articolazione: ENERGIA  
  
Presentazione tipo**

***ESAME DI STATO***

Anno scolastico 2016 - 2017

**PROGETTO: REGOLAZIONE DI UN COGENERATORE**

**Sfruttando la piattaforma Arduino**

La cogenerazione è un processo per ottimizzare la combustione, generando elettricità e calore. Dimostra il suo completo potenziale con una corretta regolazione.

Studenti: Fusco Alberto & Campello Manuel

**MAPPA CONCETTUALE**

**INDICE**

1. INTRODUZIONE

*1.1. Cogenerazione*

*1.2. Regolatori riprogrammabili e Arduino*

*1.3. Motore asincrono trifase*

2. TEORIA

**2.1. Programma di Tecnologie**

1. *Lavorazioni al tornio*
2. *Struttura cogeneratore*
3. *Supporto del motore elettrico*
4. *Dimensionamento pulegge e cinghia*

**2.2. Programma di Sistemi**

1. *Sonde NTC*
2. *Valvola a tre vie*
3. *Quadro elettrico*
4. *Contagiri*
5. *Regolatore Arduino*
6. *Servomotore*

**2.3. Programma di Meccanica**

1. *Ciclo Otto a due tempi*
2. *Circolatore*
3. *Scambiatore di fumi*

**2.4. Programma di Impianti**

1. *Bollitore*
2. *Radiatore di raffreddamento*

**Programma di Inglese**

1. *Heating systems*
2. *C++ & embedded systems*

3.ESPERIENZA DI LAVORO

1. *Descrizione esperienza*

4. CONCLUSIONI

1. *Problemi*
2. *Soluzioni*
3. *Riflessioni sull’esperienza*

Da fare: mettere numero di pagine su indice (senza i puntini del cazzo)

**1 INTRODUZIONE**

1. Cogenerazione CM+FA
2. Regolatori riprogrammabili (Arduino) CM+FA
3. Motore asincrono 3fase (collegamento a stella) (con storia dello sviluppo) CM+FA

Da fare: numero paragrafo su ogni titolo listato, inoltre, paragrafi tutti giustificati? (bisogna proprio?)

**1.1 Cogenerazione**

La cogenerazione è un processo per sfruttare l’energia termica di scarto al fine di soddisfare la richiesta termica di un’utenza non particolarmente esigente. Nella sua implementazione più semplice, la cogenerazione porta alla produzione di energia meccanica e termica. La maggioranza delle applicazioni pratiche è finalizzata ad ottenere energia elettrica e a riscaldare una massa d’acqua, anche ad uso sanitario. Può essere realizzata sulla base di qualsiasi ciclo motore in grado di produrre lavoro. Un aspetto positivo riguarda l’aumento del rendimento globale del ciclo(concettuale) in quanto il calore a bassa temperatura, che verrebbe altrimenti sprecato, è utilizzato nella sua totalità da l’utenza termica. Sono presenti comunque altri vantaggi che possono essere suddivisi in tre tipi: ambientali, energetici ed economici. In riferimento al primo ambito, troviamo una diminuzione dell’inquinamento atmosferico e una minore dipendenza dalle fonti fossili. Nell’ambito energetico, oltre ad una maggiore efficienza (come citato in precedenza), abbiamo un minor consumo di combustibile. Sotto l’aspetto economico, risulta essere una conseguenza il fatto che la produzione di energia sia a costi decisamente bassi e inoltre per chi investe in questi impianti, c’è la possibilità di usufruire di alcuni incentivi forniti dallo Stato e più in generale dall’Unione Europea. Esistono vari tipi di cogenerazione che però devo essere suddivisi prima in base alla loro capacità di recupero e poi in base alla loro utilizzazione. Sotto il punto di vista teorico la cogenerazione si divide in: cogenerazione con turbina a contropressione, cogenerazione con turbina a estrazione e cogenerazione con fluidi organici. Nel primo caso, tutto il vapore ottenuto viene fatto espandere nella turbina fino ad arrivare alle condizioni necessarie per l’utilizzo da parte di un’utenza. La seconda opzione viene utilizzata qualora non si è in grado di soddisfare i terminali. Per questo motivo la portata di vapore, necessaria per l'utilizzazione termica, viene sottratta dalla turbina mentre la portata di vapore rimanente continua ad espandersi e viene scaricata in un condensatore (quest’ultima potrebbe essere riutilizzata mandandola al generatore di vapore). La cogenerazione con fluidi organici(propano,..) ci permette di ottenere buoni rendimenti con cambiamenti di fase a bassa temperatura. Per quanto riguarda l’utilizzazione, la cogenerazione viene applicata nell’ambito fotovoltaico e domestico. La cogenerazione fotovoltaica mi permette di utilizzare una quota dell’energia solare non sfruttata nei processi fotovoltaici. Le celle solari infatti attualmente sono in grado di convertire solo una piccola frazione della radiazione solare in elettricità e il resto viene disperso sotto forma di calore che appunto può essere recuperato. La cogenerazione può essere applicata anche in una casa e in questo caso viene definita micro-cogenerazione. Questi tipi di sistema producono principalmente calore generando elettricità come sottoprodotto e la sua centrale termica ha le dimensioni di una normale lavatrice domestica. Oltre alla cogenerazione è presente anche la trigenerazione, la quale identifica la produzione combinata, a partire da un’unica fonte energetica, di energia meccanica, di energia termica e di energia frigorifera (a partire dall’acqua calda recuperata), ovvero acqua refrigerata per il condizionamento o per i processi industriali. La trasformazione dell’energia termica in energia frigorifera è resa possibile dall’impiego del ciclo frigorifero ad assorbimento il cui funzionamento si basa su trasformazioni di stato del fluido refrigerante in combinazione con la sostanza assorbente (acqua/bromuro di litio, ammoniaca/acqua,…).

**1.3 Motore asincrono trifase**

L’ideatore del motore elettrico e lo scopritore del campo magnetico rotante fu Galileo Ferraris(1887), il quale riuscì ad ottenere questi risultati mediante un semplice esperimento consistente nel fatto di far attraversare due bobine da correnti alternate aventi lo stesso sfasamento e la stessa frequenza. Successivamente il brevetto di tali invenzioni fu preso, in maniera inadeguata, da Nikola Tesla, il quale porterà la sua azienda alla realizzazione dei motori elettrici su scala mondiale. Il motore elettrico è un dispositivo, che trasforma energia elettrica, disponibile sotto forma di tensione alternata, in energia meccanica. Alla base del suo funzionamento, sono presenti due fondamentali leggi: la legge dell’induzione elettromagnetica e la legge del campo magnetico rotante. La prima sostiene che l’induzione elettromagnetica si verifica quando il flusso del campo magnetico, di una superficie ben delimitata da un circuito elettrico, è variabile nel tempo. Essa, inoltre, impone che nel circuito si generi una forza elettromotrice indotta pari all'opposto della variazione temporale del flusso. La seconda legge mi definisce i casi in cui si verifica un campo magnetico rotante, ad esempio quando si ruota a velocità angolare costante un magnete permanente percorso da corrente costante oppure quando un insieme di avvolgimenti vengono percorsi da correnti sinusoidali opportunamente sfasate tra loro. La realizzazione di questo tipo di sistema può essere di tipo meccanico o di tipo elettrico. Nel nostro caso consideriamo la seconda opzione e quindi la macchina sarà composta da l’induttore, che produce il campo magnetico, e l’indotto, che è il posto in cui è presente la f.e.m(forza elettromotrice indotta) e può essere fisso o mobile. Un’ulteriore rilevante suddivisione da effettuare riguarda i motori sincroni e i motori asincroni. I primi citati sono caratterizzati da un funzionamento in cui il periodo di rotazione è sincronizzato con la frequenza della tensione di alimentazione, solitamente trifase. Questo tipo di motori offrono un elevato rapporto potenza/peso, una elevata affidabilità, una bassa inerzia del rotore e una generazione del calore solo sullo statore. A discapito di questi pregi, le macchine sincrone presentano un costo decisamente elevato e ad alte temperature il magnete permanente può smagnetizzarsi. Nei motori asincroni, invece, la frequenza di rotazione non è uguale o è un sottomultiplo della frequenza di rete. Questi dispositivi sono composti da una parte fissa, lo statore, e una parte rotante, il rotore. Nella maggior parte dei casi quest’ultimo è inserito nello statore. Lo statore è caratterizzato spesso da un avvolgimento trifase, i cui conduttori sono distribuiti in modo che una terna di correnti sinusoidali nel tempo produca una distribuzione spaziale di campo magnetico sinusoidale rotante. Il rotore, usualmente, è a gabbia di scoiattolo in quanto presenta delle caratteristiche che risultano essere molto vantaggiose rispetto ai vecchi rotori (a coppa o a barre profonde). L’elemento sopracitato si realizza mediante l’inserimento di alcune barre composte da materiale conduttore (alluminio o rame) chiuse in cortocircuito da appositi anelli in rame. Il vantaggio per cui noi, progettisti dell’impianto, abbiamo preferito l’installazione di un motore asincrono rispetto ad un motore sincrono consiste nella sua resistenza ad alta temperatura. Inoltre presenta un costo più opportuno al rapporto qualità prezzo. Un altro vantaggio riguarda il fatto che i motori sincroni consentono una velocità meno variabile mentre nei motori asincroni la regolazione della velocità può essere effettuata in tre modi: modificando il numero delle coppie polari, regolando lo scorrimento e variando la frequenza.

**2 TEORIA**

* 1. **Programma di Tecnologie**

**2.1.1 Lavorazioni al tornio FA**

Per effettuare alcuni pezzi necessari nella composizione dell’impianto è stato doveroso utilizzare il tornio. Quest’ultimo è una macchina utensile che ci permette di lavorare determinati materiali (ferro, ottone, acciaio inox,…). La tornitura è un processo ottenuto mediante asportazione di truciolo. Durante la lavorazione, l’oggetto assume un moto rotatorio datogli dal mandrino che a sua volta è collegato all’albero rotante, mentre l’utensile è caratterizzato da un moto decisamente più lineare. L’utensile, da noi utilizzato, era un acciaio rapido che ci ha permesso di ottenere una superficie molto lineare grazie alle sue ottime caratteristiche di taglio. La creazione dei supporti per le pulegge, che successivamente sono state accoppiate all’asse del motore elettrico, e per il tubo di scarico del blocco motore è stata caratterizzata da varie fasi:

* Scelta del materiale da utilizzare (la nostra scelta è ricaduta sull’acciaio inox in quanto è un materiale che possiede ottime caratteristiche meccaniche e quindi adatto all’utilizzo finale).
* Montaggio del pezzo e dell’utensile, rispettivamente sul mandrino e sul porta utensile.
* Avviamento della macchina.
* Centratura (operazione consistente nell’eseguire un foro di adatto profilo e profondità atto a ricevere la punta o la contropunta mediante un centratore).
* Sgrossatura (atto per l’eliminazione del sovrametallo in eccesso).
* Troncatura (azione di rimozione del pezzo finito dal resto del materiale).
* Finitura (fase in cui si procede con un ulteriore sgrossatura di pochi millimetri).
* Smussatura (operazione per permettere che gli angoli non siano più appuntiti e per rendere più facile l’accoppiamento).

Le fasi sono state pressoché le medesime (è presente solamente qualche piccola differenza nell’effettuazione della lavorazione) per tutti i pezzi ottenuti, ovviamente le misure di riferimento erano diverse. Durante il montaggio dei supporti è stato opportuno l’utilizzo dell’olio lubrificante che ha permesso al pezzo di scivolare meglio sul tubo e sull’asse dell’albero. Lo scopo dei supporti per le pulegge consisteva nel fatto di non permettere ad esse di spostarsi durante il moto rotatorio fornitogli dal motore elettrico. Se fosse avvenuto uno spostamento della puleggia, si sarebbe ottenuta la rottura della cinghia e delle pulegge e molto probabilmente avrebbe portato dei gravissimi danni anche all’albero del motore elettrico. Per quanto riguarda invece il supporto per lo scarico dei fumi del cogeneratore, esso è risultato indispensabile per il collegamento scarico-tubo flessibile in quanto prima eravamo impossibilitati a porre qualsiasi tipo di attacco (fascette,..).

* + 1. **Struttura cogeneratore FA**

Per permettere l’installazione del cogeneratore in una posizione fissa e per agevolarne il collegamento ad una delle reti di distribuzione è stato necessario la creazione di un apposito telaio. Quest’ultimo è composto da alcune verghe, aventi una lunghezza di tre metri, che costituiscono la base. La struttura è inoltre equipaggiata di alcune aste poste trasversalmente per far sì che possa sostenere determinati sforzi meccanici e non. Sono inoltre presenti dei giunti vibranti per diminuire le vibrazioni provocate dalla messa in moto del motore termico. Nella parte verticale della struttura è stata da noi installata una rete forata per il collegamento del quadro principale e dei relativi accessori necessari per l’avviamento (filo per l’aria manuale,…). La rete è stata posata mediante saldatura ad elettrodo. In questo tipo di saldatura, le gocce di metallo fuso provenienti dall’elettrodo (formato da un’anima metallica avvolta da un rivestimento) vengono trasferite, mediante l’arco, nel bagno di fusione mentre i gas prodotti dal rivestimento le proteggono dall’atmosfera. La scoria fusa che galleggia sopra il bagno di fusione lo protegge nuovamente dall’atmosfera durante la solidificazione. La scelta è ricaduta sulla saldatura ad elettrodo rivestito in quanto abbiamo ritenuto necessario l’ottenimento di un cordone avente ottime caratteristiche meccaniche, anche perché la zona in cui si è effettuata la saldatura è sottoposta a dei carichi che consistono in tutti gli accessori elettrici, compreso il quadro, e in tutti i collegamenti che arrivano dal motore.

**2.1.3 Supporto del motore elettrico FA**

A causa delle forti vibrazioni è stato necessario effettuare un apposito supporto per il motore elettrico. Questo sostegno è fondamentale anche per l’allineamento delle due pulegge (motore elettrico-alternatore), in quanto per l’installazione della cinghia e per il giusto moto rotatorio esse devono essere poste perfettamente in linea. Per la creazione del supporto è risultato fondamentale l’uso della fresatrice, la quale ci ha permesso di effettuare delle griglie di scorrimento. La fresatrice è una macchina utensile utilizzata per la realizzazione di pezzi metallici o di altri materiali aventi forme complesse, non realizzabili al tornio. La fresatrice da noi utilizzata è di tipo verticale, che è caratterizzata da un piano orizzontale X-Y e un motore montato su un asse verticale Z. La combinazione dei movimenti sui tre assi produce dei percorsi tridimensionali e permette al dispositivo di eseguire fori e alesature. Il nostro supporto è formato da un basamento, il quale a sua volta è composto da delle piastrine di materiale metallico saldate tra loro (con il metodo della saldatura ad elettrodo rivestito per i medesimi motivi descritti nel paragrafo sovrastante). Successivamente, abbiamo realizzato delle staffe le quali (come citato precedentemente) sono state lavorate mediante la fresatrice. Dopo aver effettuato queste staffe con dei fori di lunghezza molto elevata, abbiamo proceduto al fissaggio del motore attraverso dei dadi e dei bulloni opportunamente inseriti nelle griglie di scorrimento per far sì che, nel caso in cui ci fosse la necessità di spostare la posizione attuale del motore, occorre solamente svitare i dadi e i bulloni.

* + 1. **Dimensionamento pulegge e cinghia FA**

Una delle fasi più importanti del progetto riguarda sicuramente il dimensionamento delle due pulegge, rispettivamente dell’albero motore e dell’alternatore, e della conseguente cinghia. Per raggiungere il primo scopo è stato necessario seguire vari fasi di calcolo:

* Calcolo della potenza di progetto, che si ottiene moltiplicando la potenza motrice per un fattore di servizio (il quale viene scelto in base al tipo di macchina e alle ore di funzionamento).
* Calcolo del rapporto di trasmissione, che lega insieme la velocità di rotazione dell’albero veloce, in giri al minuto, con l’albero lento (nel nostro caso il rapporto era pari ad 1).
* Scelta dei diametri delle pulegge, ricavati mediante una tabella che tiene conto anche del tipo di cinghia (sezione A, nel nostro caso, che corrisponde ad una cinghia di tipo trapezoidale).

I risultati finali ci hanno condotto alla scelta di due pulegge avente lo stesso diametro di 68 millimetri ma con un foro rispettivamente di 19 e di 24, il quale dipende dal diametro dell’albero del motore e dell’alternatore. Nel caso in cui il rapporto di trasmissione fosse stato 2 o 1/2, sarebbe stato opportuno moltiplicare o ridurre il numero di giri e di conseguenza si sarebbero ottenuti due diametri diversi, uno il doppio dell’altro. Per quanto riguarda la trasmissione abbiamo deciso di utilizzare delle cinghie trapezoidali, le quali appartengono alla famiglia della trasmissione di forza e della trasmissione con flessibili. Le cinghie trapezoidali sono utilizzate frequentemente per la trasmissione di potenza. La nostra scelta è ricaduta su questo tipo di cinghie in quanto presentano molto vantaggi, tra cui: un basso costo, una semplicità di installazione e una capacità di assorbire vibrazioni torsionali e picchi di coppia. Il dimensionamento di una trasmissione a cinghie trapezoidali si conduce rapidamente seguendo le indicazioni delle ditte produttrici, che a loro volta, fanno riferimento alle norme UNI 5789-5790. Anche in questo caso abbiamo seguito vari punti:

* Scelta della sezione della cinghia, mediante tabelle unificate (A, nel nostro caso, che corrisponde ad una trasmissione mediante cinghia trapezoidale).
* Determinazione della lunghezza della cinghia, che si trova mediante una formula che consiste in: *lunghezza primitiva =2C+1,57(D+d) + [(D-d)2/4C]* dove “C” sta ad indicare l’interasse, “D” indica il diametro primitivo della puleggia maggiore e “d” indica il diametro primitivo della puleggia minore.
* Determinazione del numero di cinghie:

1. Ottenimento della potenza nominale di una singola cinghia, che dovrà successivamente essere corretta per l’arco di contatto e per un fattore di lunghezza, ricavati dalle tabelle unificate, fornite dai costruttori.
2. Calcolo della potenza effettiva di una singola cinghia, che si trova mediante il prodotto tra potenza nominale e fattore di correzione.
3. Calcolo del numero di cinghie, che consiste nel rapporto tra potenza di progetto e la potenza per una singola cinghia.

Questo procedimento per ottenere la lunghezza della cinghia e il numero di cinghie ci ha portato ad avere una cinghia A15 con interasse 25 e lunghezza 55. Per effettuare un ulteriore verifica, siamo andati a controllare se, effettivamente, la lunghezza della cinghia era adatta e soprattutto se era delle dimensioni corrette per la trasmissione che deve fornire alle due pulegge.

* 1. **Programma di Sistemi**

**2.2.1 Sonde NTC FA**

Le sonde NTC (Negative Temperature Coefficient) sono dei dispositivi che, mediante un processo fisico, forniscono agli strumenti, a cui vengono collegate, la misura della temperatura. Solitamente, sono composte da un materiale semiconduttore sinterizzato che, in risposta ad una piccola variazione di temperatura, mostra un’ampia variazione resistiva. I termistori possiedono coefficienti di temperatura negativi che provocano la diminuzione della resistenza della sonda all’aumentare della temperatura. Bisogna sottolineare però che, le applicazioni a temperature elevate, esigono termistori con maggiore resistenza per ottimizzare la variazione resistiva. Le sonde NTC vengono realizzate con un misto di metalli e materiali a base di ossido di metallo, per poi essere formate in base alle necessità. Un aspetto positivo riguarda il fatto che esse garantiscono una lunga vita, anche nelle condizioni di lavoro particolarmente impegnative. I termistori, inoltre, possono essere utilizzati come sono composti in origine (termistori a disco), oppure possono essere modificati mediante delle lavorazioni ed essere combinati con fili conduttori e rivestimenti opportuni (termistori a perla). I termistori rientrano fra i sensori di temperatura più precisi, tuttavia subiscono delle limitazioni nella variazione di temperatura (da 0°C a 100°C). Un dettaglio rilevante consiste nei suoi componenti, i quali sono chimicamente stabili e non subiscono alcun effetto dovuto all’invecchiamento.

1. Valvola a 3 vie deviatrice (&modulazione) CM
2. componenti del quadro elettrico CM
3. contagiri CM

**Programma di meccanica**

* Ciclo otto a 2 tempi FA DA FARE: fusco deve incollare il suo lavoro
* pompa CM

**Programma di Impianti**

* bollitore CM
* radiatore di raffreddamento

**Programma di inglese**

* heating systems (in inglese) FA
* C++ (in inglese) CM (anche con la sua storia)

**altro**

* Arduino CM

**3 ESPERIENZA DI LAVORO FA**

**3.1 Descrizione esperienza**

2. Descrizione dell’esperienza – p. 5 titolo e scopo

Il progetto in questione consiste nella realizzazione di un sistema di regolazione per il cogeneratore. Noi volevamo produrre un sistema completo con la relativa lettura dati, la regolazione degli attuatori e la visualizzazione dei valori misurati. Siamo partiti da un cogeneratore basato su un motore a due tempi, marcato Piaggio, corredato da uno scambiatore di fumi collegato al bollitore. Inizialmente, abbiamo effettuato:

-Fase di propedeutica al lavoro: rilievo e disegno (consultazione materiale documentativo pre esistente)

- Brainstorming sulle idee possibili e sensate

-prove con Arduino (telecomando, display, sensore di prossimità) +considerazioni su cosa si poteva aggiungere al progetto

-analisi del funzionamento del sistema idraulico ed elettrico

-Per ciò che riguarda le mansioni svolte, noi abbiamo effettuato delle prove inerenti all’accensione del motore termico

-Derivazione installazione rete elettrica monofase per quadro

-prove di riparazione motore (aria manuale, ugelli,…)

-Installazione motore elettrico

-Collegamento e accensione del motore elettrico asincrono

-Cablaggio sensistica con cavo ethernet(collegamento morsetto alternatore giri)

-Programmazione del software di regolazione su IDEARDUINO

* 1. – Obiettivi tecnici

-Realizzazione del sistema di regolazione (accelerazione del motore termico a seconda dei giri dell’alternatore, controllo della temperatura del motore e del bollitore(con la pompa))

-Accensione del motore termico

-Visualizzazione dei dati su display

-Disegni, schemi di funzionamento del sistema e documentazione (descrittiva per esempio Arduino che comanda relè di accensione della pompa, fili di alim. Etc)

* 1. –Attrezzatura – p. 6 strumenti e materiali

Utensileria (elettrica e officina)

Supporti per motore, puleggia,…

* 1. – Prerequisiti – p. 6

-Come prerequisiti sono richiesti….Conoscenze teoriche (argomenti trattati sulla teoria) e abilità pratiche(esperienza con utensili e ambienti di lavoro dell’elettronica.

2.6 – Modalità di lavoro – p. 7

Orario di lavoro(durante l’orario scolastico ed pomeridiano extrascolastico),lavoro casa impraticabile in quanto il progetto è installato a scuola(eccetto prove di programmazione su una piattaforma di simulazione digitale),lavoro singolo e in coppia con la supervisione di professori e personale scolastico.

2.7 - Dati raccolti calcoli e risultati

I risultati finali consistono nel fatto di essere stati in grado di installare il motore elettrico(con relativo supporto), allacciamento rete elettrica sia monofase che trifase, cablaggio rete di regolazione, sistemazione quadro elettrico, lettura numero di giri del motore mediante piattaforma Arduino.

DA FARE: foto background con snippet da programma di regolazione (tipo quelli fighetti su /g/)

**4 CONCLUSIONI CM**

2.8 – Brevi considerazioni sul rapporto con il personale – p. 9

2.9 – Problemi tecnici – p. 9 Passaggio motore termico -> elettrico

2.95- Soluzioni degne di nota (obiettivi irrisolti e perché)

3. Valutazione dell’esperienza – p. 10

3.1 – Apprendimenti significativi nell’ambito tecnico-professionale – p. 10

3.2 – Rapporto tra formazione scolastica e attività lavorativa svolta – p. 11

3.3 – Valutazione sull’utilità dell’esperienza – p. 11 Riflessioni sull’esperienza (bella? Educativa?)

3.4 – Ripercussioni sul futuro – p. 12

3.5 – Giudizio complessivo dell’esperienza – p. 12

---------------------------------------------------------DA FARE: distanziare elegantemente

Riferimenti e risorse

* Cornetti, G., 2015. Meccanica, Macchine ed Energia – volume 2
* Rossi, N., 2016. Manuale del Termotecnico, Capitolo 22 – Cogenerazione, pagine 1042 e seguenti
* Natali, G. e Aguzzi, N., 2016. Sistemi e automazione – volume 2, capitolo 3, pagine 292 e seguenti
* Documento informativo SIT S.p.A., Dimensionamento cinghie e pulegge, file PDF