

**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 programmabili 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*

**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*

**2.5 Programma di Inglese**

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

3.ESPERIENZA DI LAVORO

4. CONCLUSIONI E RIFLESSIONI

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

DA FARE: mettere immagini e titoli in posizioni piacevoli (inizio pagina / non fine pagina / spaziatura da 1 riga)

**1 INTRODUZIONE**



Figura 1 - Distribuzione energetica nella cogenerazione

**1.1 Cogenerazione CM+FA**

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 (vedasi figura 1). 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,…).

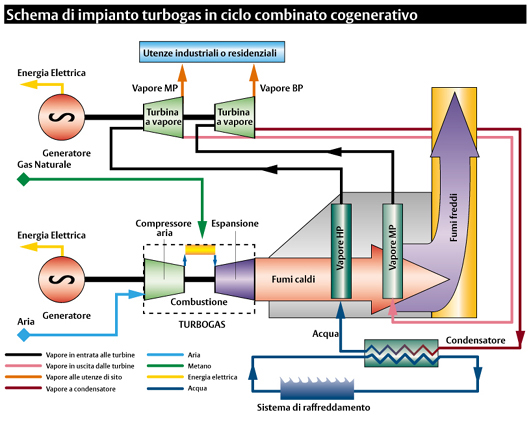


Figura 2 - Ciclo di cogenerazione: schema concettuale

**1.2 Regolatori programmabili e Arduino CM+FA**

Il cogeneratore, essendo inizialmente privo di un sistema di regolazione, non poteva arrivare a regime senza incorrere nella commutazione dei dispositivi di sicurezza o nel danneggiamento fisico della macchina. Per mantenere sotto controllo i parametri di lavoro, nel cogeneratore come in ogni macchina termica, è necessario installare e configurare un sistema di regolazione. Tale sistema è composto essenzialmente da sonde, attuatori elettro-meccanici e hardware per l’elaborazione dei segnali elettrici che scorrono nei cavi di collegamento. Particolarmente degno di attenzione è il dispositivo di calcolo, il regolatore del sistema: questo dispositivo legge ciclicamente tutti i segnali d’ingresso, e scrive su quelli d’uscita i risultati degli algoritmi che ne regolano il funzionamento. Spesso i regolatori industriali dispongono di interfacce di programmazione molto limitate, essendo costruiti per una singola applicazione. Si basano su schede programmabili e offrono parametri configurabili, ma non vantano la riprogrammabilità tipica di una macchina di Turing, computer, un microchip embedded o un comune smartphone. Abbiamo scelto la piattaforma Arduino esattamente per la possibilità di riprogrammare la logica di funzionamento, oltre che per la sua accessibilità e affidabilità. Arduino è una piattaforma elettronica basata su software e hardware facili da usare. È pensata per chiunque voglia costruire progetti interattivi. È una scheda open source e open hardware, ovvero libera da segreti progettuali e in grado di fornire all’utente il controllo completo del codice in esecuzione, dai parametri di regolazione all’invio dei segnali elettrici veri e propri. Il codice è un insieme di istruzioni scritte in C++, il linguaggio di programmazione più diffuso: viene usato anche per la creazione di sistemi operativi e applicazioni. Abbiamo usato questa scheda per gestire la lettura dei dati delle sonde di temperatura e dal contagiri, realizzando un programma in grado di mostrare lo stato del sistema. L’uso di Arduino ha permesso di creare in breve tempo un prototipo funzionale della regolazione che volevamo ottenere.



Figura 3 - Regolatori multifunzione programmabili



Figura - Sezione di motore asincrono

**1.3 Motore asincrono trifase CM+FA**

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 (vedasi figura 4). 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.

Il motore elettrico è stato, da noi, alimentato mediante un collegamento a stella (schema presente in figura 5). In questo tipo di collegamento, si collega ogni fase ai tre capi di tre avvolgimenti e gli altri tre capi si collegano tra loro per formare il centro stella. Il sistema trifase è solitamente utilizzato per potenze elevate, superiori ai 6 kilowatt. La trifase è utilizzata anche per le utenze domestiche, solo nel caso in cui sia presente un notevole consumo di energia elettrica. Nelle applicazioni industriali é preferibile usare un collegamento a stella-triangolo con i relativi dispositivi di sicurezza. Il contatore di energia è un dispositivo che effettua uno sganciamento nel caso in cui ci sia un eccessivo assorbimento di corrente. Sono presenti, inoltre, dei relè termici che hanno la funzione di proteggere il sistema al verificarsi di un sovraccarico di corrente elettrica. Le principali cause di questo tipo di malfunzionamento sono dettate da: tempi di avviamento troppo lunghi, variazioni elevate della tensione e della frequenza di rete, funzionamento in bifase per mancanza di una fase, blocco del rotore e coppia resistente troppo elevata in relazione al tipo di motore. Questi tipi di dispositivo non proteggono però dal cortocircuito ed è per quest'ultimo motivo che vengono impiegati i relè magnetici e i fusibili. A seconda della richiesta, viene impiegato uno tra i due sistemi. Per quanto riguarda la caratteristica di intervento, i fusibili sono dispositivi a tempo inverso, cioè, per intervenire devono accumulare una certa quantità di energia termica al fine di riscaldare l'elemento conduttore fino alla completa fusione ed evaporazione. D'altro canto, il relè magnetico possiede un tempo di intervento indipendente dal valore della corrente, purché essa sia superiore al valore che influenza il campo magnetico. La sua caratteristica di intervento è a scatto istantaneo e, seppur di poco, è più reattivo di un generico fusibile.



Figura 5 - Schema di collegamento a stella

**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).

Figura - Smussatura al tornio

* 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) (vedasi figura 6).

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.

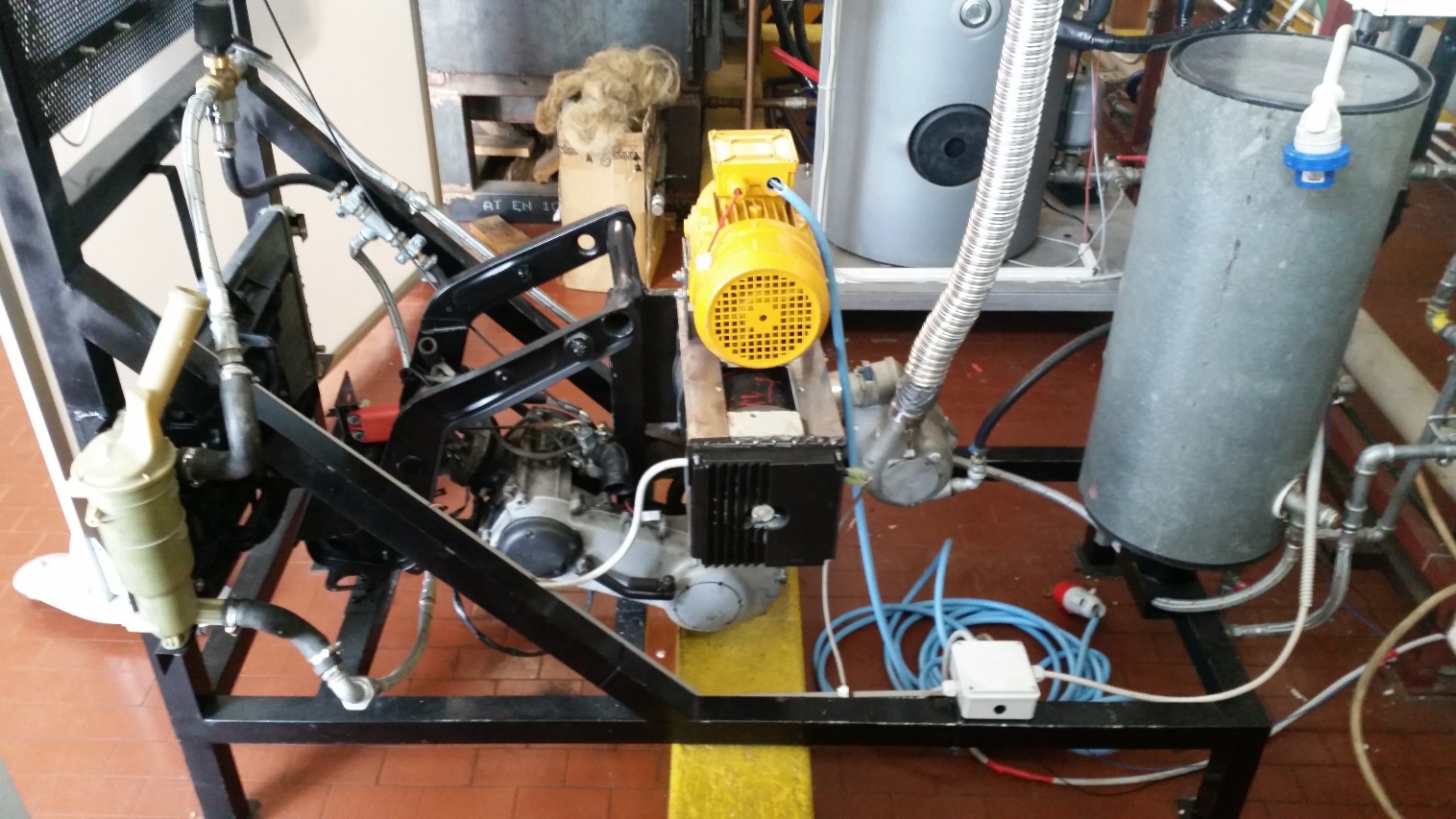


Figura 7 - Struttura del Cogeneratore

**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.

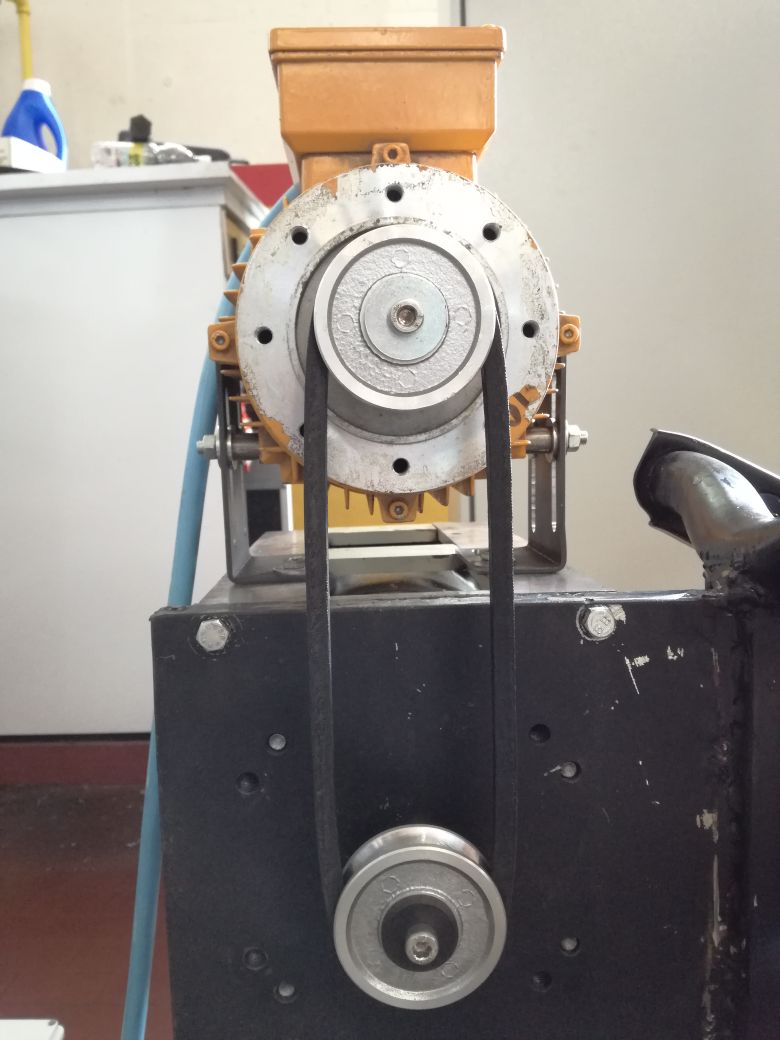
* + 1. **Dimensionamento pulegge e cinghia FA**

Figura - accoppiamento con cinghia e puleggie

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.

Figura - Sonda NTC

* + 1. **Valvola a tre vie deviatrice CM**

Scrivere anche della modulazione

* + 1. **Quadro elettrico CM**

Scrivere anche dei componenti

* + 1. **Contagiri CM**

Questo dispositivo, preinstallato nell'alternatore, fornisce un segnale elettrico, sotto forma di differenza di potenziale, rappresentativo del numero di giri dell'alternatore, quindi della frequenza di corrente prodotta.  
L'alternatore oppone una coppia resistente alla coppia motrice del motore elettrico, il numero di giri del sistema dipende unicamente dal carico all'alternatore, ovvero dalla richiesta di energia elettrica. Nella nostra installazione è stato necessario scegliere un motore dal peso ridotto, data la posizione precaria in cui è stato necessario installarlo. La potenza del motore, inferiore rispetto a quella richiesta, non è bastata a raggiungere

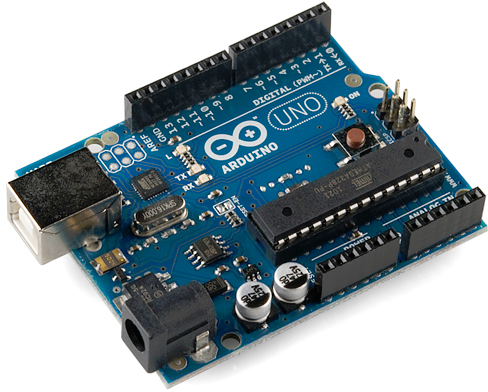
* + 1. **Regolatore Arduino**

Figura - Scheda Arduino Uno

Dai che ndemoooo. Parla anche del servomotore >:^(

* 1. **Programma di meccanica**

**2.3.1 Ciclo otto a 2 tempi FA**

L’elemento fondamentale del cogeneratore consiste nel motore alternativo a combustione interna, nel quale, a differenza delle macchine a combustione esterna, la combustione avviene all’interno della medesima macchina che fornisce lavoro. Tutto ciò porta a dei grossi vantaggi in quanto non sono presenti, in questo tipo di motori, alcuna specie di scambiatori e, di conseguenza, anche le perdite di calore sono ridotte drasticamente. Nella maggior parte dei casi, un motore alternativo è costituito dalle parti che seguono:

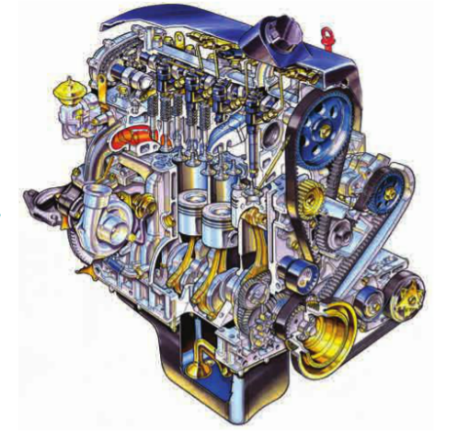
* Cilindro: composto da una canna, caratterizzata dal fatto che viene alettata all’esterno per aumentarne le prestazioni.

Figura - Sezione motore termico

* Testata: il suo scopo riguarda la chiusura del cilindro.
* Basamento: struttura che deve essere caratterizzata da una buona resistenza meccanica in quanto deve essere in grado di scaricare le forze di inerzia e dei gas.
* Pistone: elemento fondamentale che delimita la parete della camera a volume variabile, la quale necessità di lavoro in quanto deve poi trasmetterlo all’albero.
* Manovellismo: blocco costituito dallo spinotto, dalla biella e dalla manovella, le quali permettono il moto rotatorio dell’albero.
* Coppa dell’olio: la sua funzione consiste nel raccogliere, in un recipiente, l’olio proveniente dalla canna del cilindro.

I motori però non vengono differenziati solamente per ciò che riguarda la loro composizione ma è necessario sapere come essi lavorano. Per quest’ultimo motivo, essi si dividono in motori a quattro tempi e motore a due tempi. Nel nostro caso, ci troviamo di fronte ad un motore a due tempi ed è per questo che ci soffermeremo sui suoi aspetti fondamentali. Il ciclo di funzionamento di un motore a due tempi possiede una fase attiva e una fase passiva. A differenza del motore a quattro tempi, esso quindi è caratterizzato da una fase attiva ogni giro ed è grazie a ciò che presenta una maggiore distribuzione. Detto ciò, il ciclo di lavoro viene diviso in sei fasi:

* Lavaggio: la pompa di lavaggio fornisce una carica di aria fresca con lo scopo di effettuare una pulizia del cilindro.
* Carica: la pompa di lavaggio continua ad immettere aria mentre il pistone comincia a risalire.
* Compressione: il pistone risale verso l’alto comprimendo i gas esistenti all’interno del cilindro.
* Combustione: i gas vengono sottoposti a questo processo, che continua ad avvenire in parte anche quando il pistone è in fase di discesa.
* Espansione: i gas combusti permettono, mediante la loro espansione, la discesa del pistone.
* Scarico: i gas vengono scaricati in atmosfera, in quanto possiedono una pressione decisamente maggiore a quella atmosferica.

Il ciclo impiegato nei motori a combustione interna, soprattutto quelli alimentati a benzina, è il ciclo Otto. Quest’ultimo fa riferimento a dei cicli puramente teorici. Uno di questi è il ciclo “limite”(vedasi figura 12), il quale corrisponde ad un ciclo ideale a cui viene aggiunto il processo di combustione interna. Le trasformazioni in questione sono sempre ideali, con una piccola differenza consistente nel fatto che alla fine del ciclo i gas vengono espulsi e ne vengono introdotti di nuovi. Sostanzialmente, troviamo due fasi in più, la fase di aspirazione e la fase di svuotamento. Il passo successivo da effettuare consiste nel porre un encoder sulla testata del cilindro fino ad arrivare ad ottenere il ciclo “indicato”(vedasi figura 13). Esso corrisponde al ciclo reale ed è composto da 6 fasi:

* Fase di aspirazione (non isobara).
* Compressione non adiabatica.
* Combustione (che avviene anticipatamente e non corrisponde ad una isocora).
* Espansione non adiabatica.
* Prima fase di cessione di calore anticipata e non tempestiva.
* Seconda ed ultima fase di cessione di calore in maniera lenta e progressiva.

Un parametro fondamentale consiste nella potenza “indicata” del ciclo, che viene ricavata dall’area del diagramma mentre la potenza utile disponibile sull’albero motore si ottiene mediante la prova del freno. Il principio di funzionamento di questo dispositivo è simile al convertitore di coppia, il quale è composto da una turbina Francis e da un recipiente contenente l’olio. Durante questo tipo di prova, lo statore viene trascinato dal rotore grazie alla viscosità del fluido (olio o acqua) e, contemporaneamente, viene misurata la forza dal dinamometro che moltiplicata per il braccio da come prodotto la coppia. Per mezzo di queste misurazioni siamo in grado ora di calcolarci la potenza del moto rotatorio, prodotto della coppia per la velocità angolare (numero di giri). Un aspetto molto importante per aumentare il rendimento del nostro motore termico a due tempi riguarda la pressione media effettiva. Anch’essa viene ricavata dal grafico e può essere aumentata in vari modi: aumentando il rendimento utile e volumetrico, innalzando la densità dell’aria di aspirazione e utilizzando dei combustibili con un elevato potere calorifero. I pregi riguardanti questo tipo di motore sono i seguenti: reversibilità (motore può ruotare in un verso o nell’altro senza che ci siano dei danni dovuti alla mancanza di lubrificazione), facile da maneggiare (possiede minori dimensioni e le sue parti meccaniche sono più semplici da capire), affidabilità maggiore (è composto da meno parti mobili) e maggiore reattività (riguardante l’accensione). Tuttavia bisogna sottolineare che a questi aspetti positivi si contrappongono alcuni difetti che ne limitano l’utilizzo su grande scala. Come primo aspetto, la macchina presenta un minor rendimento termodinamico. Esso ha anche un forte impatto ambientale, in quanto emana gas super tossici (dovuti alla combustione olio e benzina), richiede un consumo specifico più elevato e un frequente ricambio dell’olio con i relativi costi.

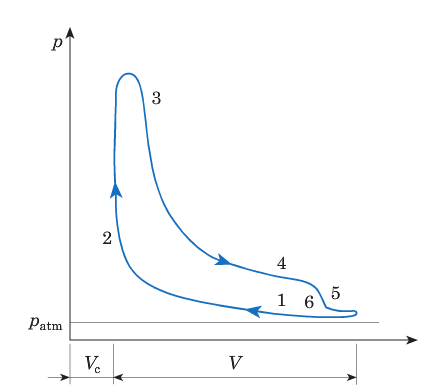
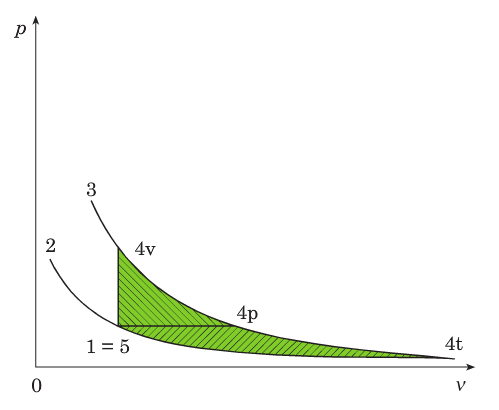


Figura 12- Ciclo ideale con introduzione di calore Figura 13- Ciclo reale

*F*

* + 1. **Circolatore idraulico CM**

Boh haha inventati qualcosa

**2.3.3 Scambiatore di fumi**

Vedi 1° cap del progr di 5°a

* 1. **Programma di Impianti**

**2.4.1 Bollitore CM**

L'acqua da scaldare viene immagazzinata in un bollitore. Nel nostro caso, un bollitore con capacità di 60 litri è stato installato a valle dello scambiatore di fumi per poter fornire acqua calda alla rete del laboratorio. Idealmente, il progetto avrebbe dovuto fornire, oltre all'energia elettrica, anche energia termica sotto forma, appunto, dell'acqua calda contenuta in questo serbatoio. Una sonda di temperatura è stata usata per informare il sistema di regolazione, che a sua volta può controllare la pompa di circolazione e inviare l'acqua di serbatoio all'impianto di riscaldamento, evitando surriscaldamento del serbatoio.

* + 1. **Radiatore di raffreddamento**

Se trovi qualcosa

* 1. **Programma di inglese**

**2.5.1 heating systems** [cogenerazione -> teleriscaldamento->house heating systems] FA

Cogeneration is the production of electricity and heat from a single source of energy, which can identified with a fossil fuel. It is very adaptable in many cases and very efficient under right conditions. Furthermore, this type of solution is highly used because it is cheap and environmentally attractive. The major equipment includes one or more of the following: heat generator or boiler, heat turbine generator, heat recovery steam generator and internal combustion engine. There are three types of cogeneration cycles: topping cycle, bottoming cycle and combined-cycle cogeneration. The topping cycle used the power supply to produce electricity. The unused energy is exploited for heating. On the other hand in a bottoming cycle, the fuel energy is primarily used to provide users with the amount of heat required to satisfy their needs. The waste heat is used to generate electricity. The combined-cycle cogeneration joins the gas turbine topping cycle. Cogenerator presents many benefits, which are: the increase of efficiency (up to 85% efficiency is frequent), the efficiency gains result in cost savings, the reduction of the impact on the environment with cleaner fuel(usually natural gas) and the energy system is not as susceptible to interruption associated with a local utility. One of the major applications is the district heating. The scheme of a district heating comprises a network of insulated pipes used to deliver heat from the point of generation to the end user. District heating has a positive influence on climate changes. It offers substantial potential to increase renewables-based heating particularly in urban areas. It also provides for considerable savings of fossil primary sources such as oil and gas. Another important aspect consists of that district heating doesn't allow the use of unused heat from traditional electricity generation, but can also use bio fuels, waste and large heat pumps to generate in an environmentally sustainable way. Considering the central heating system, there is a clear connection because it provides heat to whole apparatus. Central heating is a way to supply warmth from one central source. It is divided into three main groups: wet system, warm air system and storage heaters. In a wet system, hot water circulates through a system of pipes up to the users. In the middle of the plant, there is a boiler. This device uses as fuel natural gas, followed by heating oil, and occasionally liquid petroleum gas. In a warm air system, air is heated by a boiler and fed via ducts to rooms around the home. The principle of a storage heater is that it contains bricks capable of accumulating large amounts of heat. A storage heater normally has at least two controls, one for controlling how much electricity is used and another for controlling how much heat is released. When a district heating is placed, it is more advisable utilized the first option because it provides a simple planning, so an easier installation for the technicians. Besides, this type of system reaches adapted temperature with low heat losses. To control this type of system, many times, Arduino is used. The electronic platform permits to us to have a security and efficient plant.

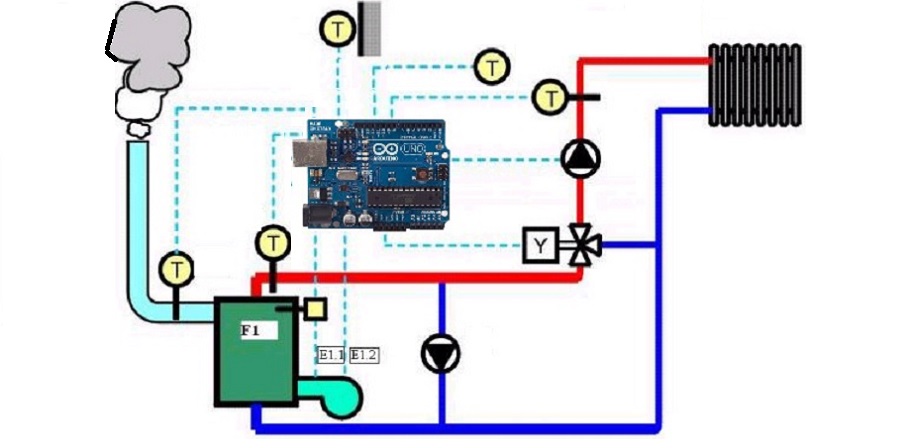


Figura 14 - Central heating system, controlled by Arduino

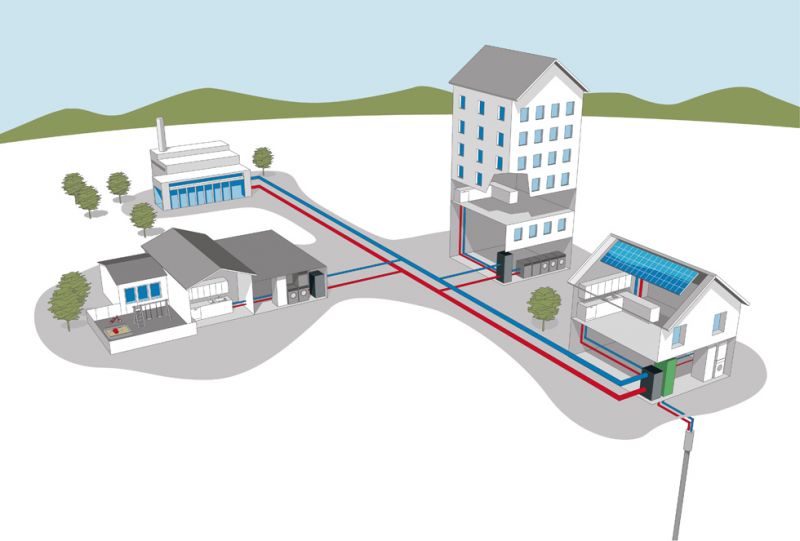


Figura 15 - Network heating system

* + 1. **The C++ programming language for embedded systems**

C++ is a computer programming language based on C. It was created for writing programs for many different purposes. In the 1990s, C++ became one of the most used programming languages in the world. C++ was developed by Bjarne Stroustrup at Bell Labs in the 1980s, and was originally named "C with classes". The language was planned as an improvement on the C programming language, adding features based on object-oriented programming. Step by step, a lot of advanced features were added to the language, like operator overloading, exception handling and templates.  
It can be used both as a procedural or object oriented language, which means it can manipulate memory by single variables or through regions of data called "objects". It was created by a Danish researcher at Bell Labs in the 1980s. It is cross platform and basically universal, which is why the Arduino developers chose to adopt it. There have been many implementations ad dialects throughout its history, and the one we are using is a simplified version with all the necessary functions to operate physical devices with our regulator, which also include several libraries. These libraries are pieces of software that provide useful - but not essential - functionality, such as an abstraction to translate the command of rotation of a stepper engine to the electrical signals needed to perform such actions  

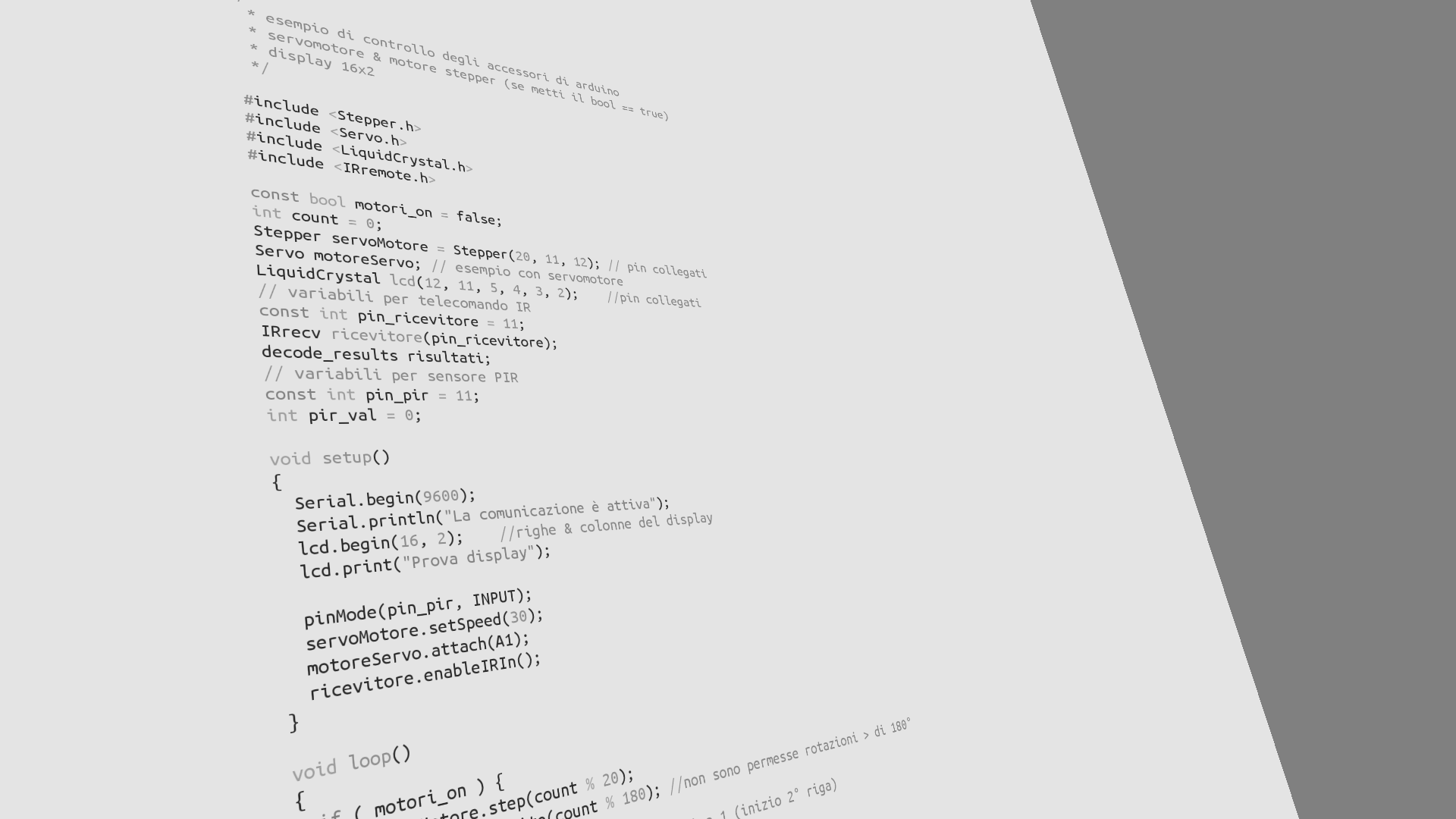



Figura 16 - Sample c++ code from our project

**3 ESPERIENZA DI LAVORO FA**

Il progetto in questione consiste nella realizzazione di un sistema di regolazione per il cogeneratore. Noi volevamo produrre un sistema, completo di sonde per la lettura dei dati, di una regolazione degli attuatori e di una modalità di 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, è stata necessaria una fase propedeutica al lavoro che consisteva nella consultazione di materiale documentativo pre-esistente fornitoci dai costruttori dei vari componenti. In seguito, abbiamo effettuato un rilievo del sistema cogeneratore con i relativi elementi. Questo disegno provvisorio è stato poi realizzato con i simboli unificati e convertito in formato digitale con Autocad. Successivamente a ciò, è seguita una fase di “brainstorming” sulle idee possibili e sensate. Dopo aver concluso questa parte iniziale, abbiamo compiuto alcune prove con la piattaforma elettronica Arduino. Sono stati testati alcuni accessori presenti nel kit di Arduino, come il telecomando, il display e il sensore di prossimità, per capire, non solo il loro funzionamento, ma anche cosa si sarebbe potuto aggiungere al progetto di utile ed efficace. Dopo l’osservazione di questi componenti elettronici, è risultato necessario effettuare un ulteriore analisi relativo al funzionamento sia del sistema idraulico che di quello elettrico. Per ciò che riguarda le mansioni svolte, noi abbiamo compiuto delle prove inerenti all’accensione del motore termico. Dopo la prova iniziale, ci siamo venuti a scontrare con il mancato avviamento del motore. É per quest’ultimo motivo che sono state necessarie altre prove per individuare i problemi del motore termico. Come prima cosa, abbiamo effettuato la pulizia degli ugelli del carburatore e cambiato le relative guarnizioni, che non erano nella miglior condizione. In risposta al fatto che, durante l’accensione, il combustibile non veniva aspirato e di conseguenza il motore non andava in moto, abbiamo deciso di sostituire il dispositivo che aspirava l’aria in modo automatico con un filo per l’aria manuale. Nonostante ciò, il motore a due tempi non si è acceso a causa di un grave difetto strutturale. Per far sì che l’impianto di cogenerazione sia collegato, in maniera più comoda possibile, sia alla rete di distribuzione sia alla rete elettrica è stato necessario effettuare una derivazione dalla rete elettrica monofase principale. Conseguentemente, abbiamo proceduto all’installazione del motore elettrico per sopperire al mancato funzionamento del motore termico. Il motore elettrico è stato alimentato mediante, un collegamento a stella, alla presa trifase. È stato dotato, inoltre, di un sopporto per regolarlo in lunghezza e altezza e per limitare le vibrazioni provocate dal motore stesso. Per ciò che riguarda il cablaggio, abbiamo effettuato vari collegamenti intercorsi da alcuni morsetti. È stato realizzato il ponte che mette in relazione i cavi uscenti dall’alternatore con quelli del relè. Successivamente, abbiamo installato una cassetta elettrica con all’interno alcuni relè, che collegati opportunamente, permettono la regolazione del circolatore. Abbiamo messo in stretto contatto sul quadro anche, mediante un cavo Ethernet, il servomotore e la valvola. Dopo il cablaggio di tutti i collegamenti necessari, abbiamo realizzato un programma apposito con IDEARDUINO, sfruttando anche una piattaforma di simulazione.

Gli obiettivi tecnici che ci siamo preposti sono moltecipli. Il nostro scopo principale consisteva nella realizzazione di un sistema di regolazione. Quest’ultimo avrebbe dovuto controllare l’accelerazione del motore a seconda della velocità di rotazione (numero di giri). Il regolatore elettronico, mediante lo spegnimento o l’apertura della pompa, avrebbe dovuto regolare l’entrata di acqua nel bollitore e la conseguente temperatura all’interno di esso. Il dispositivo inoltre avrebbe dovuto anche controllare la temperatura di surriscaldamento e raffreddamento del motore termico. A causa del mancato funzionamento del motore termico, è stata necessaria l’installazione di un motore elettrico che ha portato ad una diversa realizzazione degli obiettivi precedentemente elencati. Un’altra opportunità, che si era venuta a presentare, riguardava l’applicazione di un display. Esso avrebbe dovuto visualizzare i dati provenienti, per esempio, dalla lettura dei giri. Non è stato possibile però collegarlo a causa degli eccessivi collegamenti richiesti. Per rimediare al cambio di regolazione, abbiamo dovuto effettuare dei nuovi disegni contenenti gli schemi idraulici ed elettrici(comando e potenza) con la relativa documentazione descrittiva.  
Per la realizzazione dell’impianto di cogenerazione e per il cablaggio dei cavi elettrici, è stato necessario l’utilizzo di alcuni strumenti e materiali. Durante il collegamento dei fili elettrici ai relativi morsetti, abbiamo usato i tipici strumenti da elettricisti (pinze,…). Per la costruzione dei supporti per le pulegge e per il tubo dei gas di scarico, invece, è stato doveroso l’utilizzo del tornio e dei relativi utensili. La realizzazione del supporto per il motore elettrico ha richiesto inoltre l’impiego della saldatrice e della fresatrice verticale  
La conoscenza di alcuni concetti teorici è necessaria come pre-requisito, in maniera più specifica essi riguardano la cogenerazione, il motore elettrico asincrono trifase e i regolatori programmabili, come ad esempio Arduino. Non bastano solamente le nozioni teoriche ma è necessario possedere anche delle abilità pratiche riferite all’esperienza avente con le macchine utensili e con l’ambiente dell’elettronica.

Lo sviluppo del nostro progetto è avvenuto soprattutto a scuola durante l’orario scolastico e, alcune volte, durante l’orario pomeridiano. Non è stato possibile lavorare molto a casa in quanto il cogeneratore era istallato in maniera fissa a scuola. Abbiamo effettuato però delle prove di programmazione su una piattaforma di simulazione digitale. Il lavoro è stato svolto, nella maggior parte dei casi, in coppia. Durante le lavorazioni al tornio e il cablaggio dei cavi, il lavoro è stato suddiviso per essere più veloci ed efficienti.  
I risultati finali sono rappresentati dal fatto di essere stati in grado di installare il motore elettrico con il relativo supporto e di avere creato la presa elettrica sia per l’allacciamento monofase che trifase. Il nostro lavoro ha portato anche alla creazione di una rete dove abbiamo situato il quadro elettrico. Il cablaggio della rete di regolazione ci ha permesso, inoltre, di leggere il numero di giri mediante la piattaforma Arduino.

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

**4 CONCLUSIONI E RIFLESSIONI CM**

Al fine di valutare l’esperienza è necessario considerare i problemi tecnici, l’utilità pratica sia del lavoro e sia prodotto finale; il valore didattico, formativo e umano della prova.

Nel corso dei lavori per la realizzazione del sistema di regolazione abbiamo incontrato numerosi problemi, alcuni talmente gravi da compromettere la natura stessa del progetto. I problemi si dividono principalmente secondo la loro entità tecnica o organizzativa. Tra i problemi tecnici il più significativo riguarda il motore a combustione interna: a causa di gravi difetti strutturali, come la mancanza del un sistema di accensione o dell’approvvigionamento dell’aria, non è stato possibile accendere il motore. La cogenerazione non è attuabile senza un motore termico, e dato il costo insostenibile di una perizia di manutenzione abbiamo dovuto installare un motore elettrico, rinunciando quindi alla funzione di regolazione della temperatura. Questa scelta, dettata dall’assenza di alternative, ha ridotto significativamente il potenziale del progetto. L’installazione del motore elettrico si è rivelata ugualmente problematica, a causa del malfunzionamento della rete di alimentazione elettrica del laboratorio. Questi problemi hanno allungato notevolmente il tempo di esecuzione della regolazione, che doveva essere modificata ad ogni malfunzionamento di un sistema vitale dell’impianto. I problemi tecnici sono stati aggravati da quelli organizzativi: la mancanza di documentazione del progetto e dei più basilari utensili di lavoro ha reso particolarmente difficile la fase di comprensione del funzionamento dell’impianto e la successiva fase di accensione del motore.

Questi fattori, uniti alla mancanza di una figura competente nella manutenzione dei motori, ha segnato la terribile inefficienza della prova di accensione del motore. L’aspetto più problematico è la grande quantità di tempo richiesta per apportare anche la più irrisoria modifica all’apparato elettrico-regolativo, dettata dall’enorme difficoltà nel reperire anche il materiale di lavoro più scontato, fino al singolo fusibile, alla singola vite autofilettante, ai singoli morsetti mammut.

Assieme alla nostra carente preparazione nel campo dei motori, che non ci ha permesso di adattarci perfettamente a un progetto che si stava rapidamente incentrando non sulla regolazione, ma sull’accensione di motori.

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

Le soluzioni e i compromessi adottati per risolvere i numerosi problemi incontrati durante i lavori hanno cambiato radicalmente la natura del progetto. Il motore a combustione interna è stato sostituito da un motore elettrico, perdendo completamente la generazione di calore. A causa della mancanza del motore termico, è stato praticamente impossibile creare un sistema di regolazione simile a quello originariamente pensato: la valvola a 3 vie, le sonde di temperatura, il ventilatore del radiatore, la pompa di circolazione e il servomotore di accelerazione si sono rivelati inutilizzabili. Al fine di una realizzazione completa dell’impianto sono stati comunque effettuati tutti i cablaggi e le prove di lettura delle sonde e degli attuatori, salvo poi escluderli dal software finale di regolazione.

Limitazioni tecniche della scheda Arduino ci hanno impedito di sfruttare il contatto di commutazione per la sovratemperatura del motore.

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

3. Valutazione dell’esperienza – p. 10

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

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

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

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
* Marsella, T. e Lombardi, R., 2016, Arduino ed applicazioni – componenti, dispositivi e altro
* Bolognini, S., 2016, Scienze e tecnologie applicate con Arduino