

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

***“QUADRO ELETTRICO A MODULAZIONE
AUTOMATICA DEL CARICO CON PRIORITÀ”***

Relatore: Prof. / Dott Meneghini Matteo

Laureando/a: Amadio Gianluca 1217862

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Data di laurea 27/09/2023

Capitolo 1

Introduzione

Negli ultimi decenni si è sviluppato un trend tendente alla progressiva eliminazione della necessità di consumo di combustibili fossili in loco per le normali attività quotidiane, in favore di alternative elettriche.

Storicamente le abitazioni non avevano un fabbisogno energetico elevato, poiché per le attività richiedenti grandi quantità di potenza, come riscaldamento e cottura dei cibi, venivano usati combustibili vari, tra i quali ad esempio legna e metano.

L'idea di un quadro elettrico automatico, con la capacità di modulare il suo carico, nasce dall'esigenza di elettrificazione dell'abitazione quando l'approvvigionamento elettrico è limitato.

Come esempio possiamo prendere un abitazione con un utenza elettrica classica da 3.5kWh, nel caso in cui nell'abitazione venga utilizzata potenza prevalentemente per l'illuminazione e qualche elettrodomestico, il sovraccarico non dovrebbe essere un problema ricorrente.

Quando andiamo ad elettrificare le attività ad alto fabbisogno energetico si pone il problema di evitare di sovraccaricare l'utenza causando l'interruzione dell'energia elettrica.

1 Possibili metodi per evitare il sovraccarico

1.1 Aumento della potenza dell'utenza

La soluzione più semplice da poter implementare è quella di richiedere al proprio gestore di aumentare la potenza disponibile all'abitazione e portarla ad una potenza superiore al massimo fabbisogno.

I costi per l'adeguamento possono variare molto in base al proprio gestore, andremo di seguito a fare una stima basata sui prezzi del mercato tutelato, poiché questi forniscono una stima adeguata e possono essere reperiti facilmente, inoltre essi non variano in base al gestore.

Di seguito vengono riportate in forma tabellare le varie voci di costo da intraprendere in base all'aumento da sostenere.

contributo fisso amministrativo	25,88 €
quota potenza	73,17 €/kW fino a 6kW
Quota distanza (in caso di cambio contatore)	
- fino a 200m	185 €
- in più da 200 a 700 m	93 €/100m
- in più da 700 a 1.200 m	185 €/100m
- in più oltre i 1.200 m	370 €/100m

Possiamo dunque effettuare delle stime in base alla potenza finale richiesta, di seguito riportiamo dunque due esempi che rappresentano due scenari probabili nel caso di utenze domestiche.

Nel primo scenario prendiamo ad esempio un utenza domestica che necessita di massimo 6kW, dunque senza necessità di passare ad un contatore trifase.

Nel secondo scenario prendiamo ad esempio un utenza domestica che necessita di una potenza superiore a 6kw, con necessità di adeguamento ad impianto trifase, e distanza di 500m dalla cabina di trasformazione più vicina.

Esempio 1: Aumento da 3kW a 6kW, senza necessità di cambio contatore.

In questo caso la spesa sarà di **245,39€**.

Esempio 2: Aumento da 3kW a 9kW, con cambio a contatore trifase, distanza 500m dalla cabina di trasformazione.

In questo caso la spesa è di **928.9€**.

Considerazioni di costo

Possiamo notare come i costi possono variare anche molto in base alle esigenze della singola utenza, se si tratta di un utenza non superiore a 6kW risulta conveniente effettuare l'aumento di potenza poiché il costo è ridotto.

Se andiamo ad analizzare casi peggiori in cui il fabbisogno energetico è superiore ai 6kW, scenario possibile ad esempio in caso vi sia presente un veicolo elettrico da ricaricare, i prezzi dell'adeguamento salgono in fretta e possono arrivare, nei casi peggiori a qualche migliaia di euro.

Senza contare poi gli altri eventuali costi di intervento per l' adeguamento dell'impianto elettrico ad un contatore trifase.

1.2 Gestione manuale dei carichi

Una soluzione alternativa può essere quella di gestire in maniera manuale i carichi attivi contemporaneamente, andando manualmente a scollegare, o nel caso migliore se le apparecchiature lo permettono, di effettuare delle programmazioni, per evitare che in ogni dato momento non vi sia sovraccarico.

Questa soluzione seppure priva di costi è estremamente sconveniente in termini di tempo e gestione, senza contare il fatto di essere assai prona ad errori.

Inoltre potrebbe essere direttamente infattibile vista l'imprevedibilità di alcune apparecchiature, ad esempio il riscaldamento dell'acqua o il condizionamento non hanno un consumo fisso ma dipendente dall'ambiente e dal consumo di acqua calda.

Viste le conclusioni appena tratte andiamo a scartare questa soluzione.

1.3 Gestione automatica dei carichi

In questa sezione andremo a valutare una soluzione intermedia in grado di conciliare costi di implementazione e semplicità di gestione e mantenimento.

L'obiettivo principale è quello di rendere automatica la gestione dei carichi, gestita da qualche genere di controllore in grado di fornire potenza a richiesta alle varie apparecchiature con una priorità in base all'importanza o alle tempistiche della richiesta.

Inoltre questo sistema deve essere in grado di operare autonomamente e con intervento il più minimo possibile dell'utente, il set-up ed eventuali modifiche ai carichi, in linea teorica dovrebbero essere gli unici momenti richiedenti un intervento esterno.

Come obiettivi secondari possiamo individuare un eventuale pannello di controllo in grado di fornire un monitoraggio istantaneo dei consumi e un sistema in grado di monitorare i consumi nel tempo per questioni di gestione dei costi.

Possiamo dunque individuare in un quadro elettrico automatico una soluzione che riesce a gestire i carichi in base alla loro richiesta di potenza.

Individuazione dei dispositivi necessari

Possiamo dunque individuare i dispositivi di cui abbiamo bisogno per mettere in opera un quadro elettrico automatico:

- Dispositivi di monitoraggio del consumo.
- Dispositivi di esclusione dei carichi.
- Controllore.
- Dispositivi di interfaccia con l'utente, set-up e monitoraggio.

Controllore

Attualmente in commercio sono presenti moltissimi microcalcolatori che possono fare al caso nostro, la scelta può essere condizionata da vari fattori come il costo e la quantità di carichi che si vuole pilotare.

Per un installazione di medie dimensioni con 4-8 carichi, un display ed una pulsantiera per l'interfaccia con l'utente possiamo prendere in considerazione ad esempio la scheda Arduino Mega.

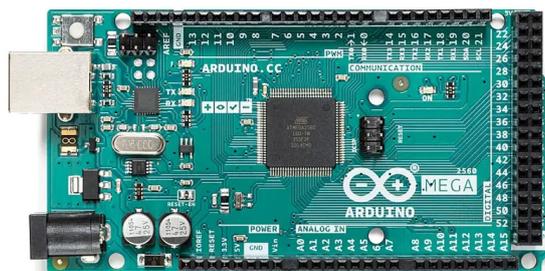


Figura 1 - scheda microcontrollore Arduino Mega

Dispositivi monitoraggio del carico

Attualmente non sono disponibili moltissime alternative sul mercato, già pronte da installare su un impianto preesistente e solitamente quelle disponibili non utilizzano sistemi di comunicazione standard, ma proprietari.

Di seguito riportiamo in figura 2 l'immagine di uno di questi dispositivi.



Figura 2 - sensore corrente proprietario



Figura 3 - sensore corrente non invasivo

In alternativa per ovviare al problema dell'interfacciamento si possono utilizzare dei sensori di potenza da controllare direttamente, nel caso vengano utilizzati sensori non invasivi figura 3, l'impianto elettrico originale non verrebbe modificato.

Dispositivi di esclusione dei carichi

Come dispositivi di esclusione possiamo prendere in considerazione dei contattori vedi figura 4, questi sono disponibili attualmente in commercio svariate varianti in base all'entità del carico su cui si va ad intervenire.



Figura 4 - Dispositivo di esclusione dei carichi (Contattore)

Con un segnale pilota solitamente 12V/24V andiamo ad attivare o disattivare la bobina presente all'interno e di conseguenza ad escludere il carico in

questione, i vari segnali pilota possono essere comandati da una serie relè direttamente da Arduino.

Interfaccia con l'utente

- Interfacciamento wireless:

possiamo pensare di interfacciarci con l'impianto, collegando questo ad una rete Wi-Fi e con un applicativo di qualche tipo andarne a modificare i parametri.

Questo approccio richiederebbe l'utilizzo di un controllore con maggiore potenza di calcolo rispetto ad un Arduino, poiché esso dovrebbe essere in grado di contenere quanto meno un server web con l'interfaccia di configurazione.

In questo caso il software del dispositivo sarebbe molto più laborioso da sviluppare e richiederebbe particolare riguardo alla sicurezza, poiché l'impianto sarebbe collegato ad una rete internet e dunque più vulnerabile ad eventuali attacchi malevoli.

Tra i vantaggi possiamo individuare sicuramente la possibilità di monitorare l'impianto da remoto e la possibilità di aggiornare il software del dispositivo in maniera molto semplice.

- Interfaccia diretta:

un'altra possibile modalità di interfaccia sarebbe quella di fornire il controllore di un display ed una pulsantiera in modo tale da configurare i parametri direttamente sul posto con un'interfaccia grafica.

Con questo approccio si elimina la necessità di un controllore con potenza di calcolo più elevata e la necessità di interfacce Wi-Fi, inoltre la configurazione risulterebbe semplificata per l'utente, che non avrebbe necessità di ulteriori dispositivi ed andrebbe ad agire direttamente sulla macchina.

Da contro questo approccio precluderebbe il monitoraggio da remoto dell'impianto e renderebbe l'aggiornamento delle funzionalità del dispositivo un processo molto più laborioso, che coinvolgerebbe il collegamento diretto del microcontrollore ad un computer.

- *Interfaccia con porta seriale:*

Nel caso in cui l'impianto sia servito in maniera esclusiva da personale esperto si può individuare una soluzione con interfaccia puramente seriale, in cui i parametri di configurazione andrebbero impostati con un software su PC collegato al microcontrollore tramite interfaccia seriale.

Tra i pregi di questa soluzione possiamo individuare un costo inferiore poiché non si richiederebbe hardware aggiuntivo per l'interfaccia e la scrittura di un eventuale software che invia comandi tramite porta seriale sarebbe certamente meno laboriosa.

Da contro questo tipo di interfaccia comporterebbe che l'utente finale abbia una certa dimestichezza con questo tipo di interfaccia e sarebbe una soluzione certamente prona ad errori dell'utente.

- *Interfaccia ibrida:*

Sarebbe certamente possibile inoltre fornire un'esperienza completa all'utente con una soluzione ibrida che possieda un'interfaccia locale su cui poter operare direttamente, ad esempio in assenza di connessione Wi-Fi in aggiunta ad un'interfaccia remota che permetta di usufruire dei vantaggi espressi precedentemente.

Una soluzione ibrida di questo tipo elimina gli svantaggi delle precedenti ma introduce dei costi considerevoli derivanti dall'hardware aggiuntivo necessario e dallo sviluppo software.

In questo scenario l'interfaccia mediante controllo seriale sarebbe usata in caso di fail-over.

Capitolo 2

Stima fabbisogno energetico giornaliero

In questa sezione cercheremo di individuare il fabbisogno giornaliero medio di un abitazione di medie dimensioni, con un possibile fabbisogno istantaneo massimo che eccede i 6kW.

È chiaro che non sarà possibile effettuare una stima inclusiva di tutte le situazioni possibili poiché l'ambiente e le richieste energetiche possono variare sensibilmente in ogni abitazione.

Tra i fattori che incidono sul fabbisogno energetico possiamo individuare il clima che incide sulla richiesta di energia per il condizionamento, la presenza o meno di un veicolo elettrico, gli orari lavorativi, le abitudini culinarie e via dicendo.

Sarà di cruciale importanza un'analisi diretta di ogni situazione, sarà necessario l'intervento di un esperto in grado di individuare le richieste dello specifico cliente e pianificare di conseguenza la strategia più consona alle sue esigenze energetiche.

2.1 Individuazione dei carichi ad alto fabbisogno energetico

Andiamo ora ad individuare quali sono quelle aree dell'abitazione in cui le esigenze energetiche sono maggiori e delle alternative elettriche ad eventuali installazioni utilizzanti combustibili vari.

Per ognuno dei seguenti ambiti andremo a dare una stima del fabbisogno energetico utilizzando consumi di attrezzature effettivamente presenti in commercio che possono essere messe in opera da subito.

Condizionamento dell'abitazione

Molte installazioni nel nostro territorio utilizzano una soluzione con caldaia a gas metano e relativi radiatori nelle aree richiedenti calore, per quanto riguarda il riscaldamento invernale.

Nelle opzioni alternative possiamo individuare tutte quelle che richiedono la combustione di legname, come caldaie e stufe a pellet e stufe a legna.

Per quanto riguarda il condizionamento estivo, ove presente è prevalentemente basato su un sistema mono o multi split con scambiatore di calore esterno, molte abitazioni non sono dotate di raffreddamento ma solamente di riscaldamento.

Come alternativa elettrica possiamo individuare un sistema multi split ibrido dotato di pompa di calore, in grado di soddisfare entrambi i fabbisogni, riscaldamento e raffreddamento, in un unico apparato.

Al momento sul mercato sono presenti svariati sistemi dotati di 2/3 split in grado di operare anche a basse temperature esterne, fino a -15°, questi andrebbero ad eliminare la necessità di sistemi di riscaldamento a combustibile e di sistemi di raffreddamento estivo.

Di seguito riportiamo una possibile configurazione di questo tipo:

Unità esterne



MXZ-2F53VFHZ

Unità interna



MFZ-KT25/35/50VG

Specifiche tecniche DC INVERTER / POMPA DI CALORE					
MODELLO		SET	MXZ-2F53VFHZ	MXZ-4F83VFHZ	
		N. unità interne	2	Da 2 a 4	
		Unità esterna	MXZ-2F53VFHZ	MXZ-4F83VFHZ	
Alimentazione		Tensione/Freq./Fasi	V/Hz/n°	230 / 50 / 1	
Prestazioni Ecodesign EN14825	Raffreddamento	PdesignC	kW	5,3	
		SEER ²		8,3	
		Classe di efficienza energetica		A++	
			Consumo energetico annuo ¹	kWh/a	274
	Riscaldamento Stagione media	Pdesignh	kW	6,4	10,1
		SCOP ³		4,1	4,3
Classe di efficienza energetica			A+	A+	
		Consumo energetico annuo ¹	kWh/a	2172	
Prestazioni EN14511	Raffreddamento	Cap. nominale (min/max)	kW	5,3 (1,1 - 6,0)	8,3 (3,5 - 9,2)
		Potenza assorbita nominale	kW	1,29	1,9
		EER		4,11	4,37
	Riscaldamento	Cap. nominale (min/max)	kW	6,4 (1,0 - 7,0)	9,0 (3,5 - 11,6)
		Potenza assorbita nominale	kW	1,36	1,7
		COP		4,71	5,29

Figura 5 - Sistema di condizionamento ibrido

I prodotti sopra riportati sono stati individuati a catalogo Mitsubishi, ma sono disponibili anche di altri marchi.

Questa configurazione d'esempio permette l'installazione di fino a quattro unità interne, in grado di servire un abitazione di medie dimensioni, sono presenti in commercio anche configurazioni in grado di servire richieste maggiori, con 6 e 8 unità

Tra le caratteristiche principali andiamo ad individuare un consumo elettrico di circa 1.7 / 1.9 kW rispettivamente per riscaldamento e raffreddamento inoltre questo sistema ha la capacità di operare in climi rigidi fino a -15°C.

Questi sistemi richiedono un investimento economico considerevole, poiché hanno lo svantaggio di richiedere interventi di installazione costosi e talvolta invasivi richiedendo l'installazione di linee di refrigerazione ad ogni unità interna.

Riscaldamento acqua sanitaria

Il riscaldamento dell'acqua sanitaria viene spesso delegato alla stessa caldaia che si occupa del riscaldamento, in altri casi si ricorre spesso a boiler elettrici.

Quest'ultimi richiedono nei momenti di riscaldamento dell'acqua dagli 1.2kW ai 2kW in base alla dimensione dello stesso.

Anche in questo caso la soluzione in pompa di calore è la più conveniente dal punto di vista energetico, di seguito riportiamo una possibile alternativa:



Technical parameters

Model	HP200M3	HP250M3	HP250M3C
Tank			
Tank volume	195L	246L	240L
Rated voltage/ frequency	220V-240V/50Hz	220V-240V/50Hz	220V-240V/50Hz
Tank rated pressure	0.7MPa	0.7MPa	0.7MPa
Corrosion protection	Magnesium rod	Magnesium rod	Magnesium rod
Water proof grade	IPX4	IPX4	IPX4
Performances			
Type of extraction	Ambient / Exterior	Ambient / Exterior	Ambient / Exterior
COP@7 °C / EN16147	3.04	3.02	3.10
COP@14 °C / EN16147	3.39	3.41	3.56
Tapping cycle	L	L	L
Power input by electric backup	1500W	1500W	1500W
Rated power input by heat pump	495W	495W	495W
Maximum power input by heat pump	865W	865W	865W
Maximum power input	2365W	2365W	2365W
Standby power input/ Pes	27W	27W	27W
Max volume of usable hot water at 40°C setting at 55°C	224L	311L	332L
Heating up time (7°C)	5.50h	7.35h	6.92h
Heating up time (14°C)	4.68h	6.17h	6.00h

Figura 6 - HAIER HP250M3C

Uno scaldabagno come il seguente, quando opera in pompa di calore, consuma 865W/h, per garantire l'operatività di questo tipo è necessario dimensionare lo scaldabagno in modo tale da non necessitare mai l'accensione della resistenza.

Lo scaldabagno impiega 6 ore per raggiungere la temperatura usando solamente la pompa di calore, se il consumo di acqua calda è tale da non svuotare il serbatoio il quel lasso di tempo, si garantisce che la resistenza non entri mai in gioco, mantenendo dunque il consumo medio il più limitato possibile.

Preparazione di alimenti

La cucina è un ambiente in cui vi sono molti ambiti che richiedono grande dispendio di potenza, piano cottura, forno, microonde ecc...

Per la maggior parte la cottura avviene con l'impiego di gas metano per alimentare il piano cottura, mentre i forni a gas stanno progressivamente venendo dismessi e sostituiti con alternative elettriche più sicure.

Sono già disponibili sul mercato svariate alternative, anche molto economiche, ai piani cottura a gas, piastre elettriche e ad induzione possono essere reperite facilmente, di seguito un esempio:



Piano cottura ad induzione Serie 600 Bridge 60cm

CIL63443

Product Specification

Tipo di piano di cottura	Induzione
Posizione dei comandi	Frontali
Colore	Nero
Dimensioni (mm, Larghezza x Profondità)	590x520
Peso netto (kg)	8.98
Potenza massima assorbita (W)	4600
Possibilità di installazione sopra ad un sottotavolo	No
Possibilità di installazione sopra ad una lavastoviglie	No

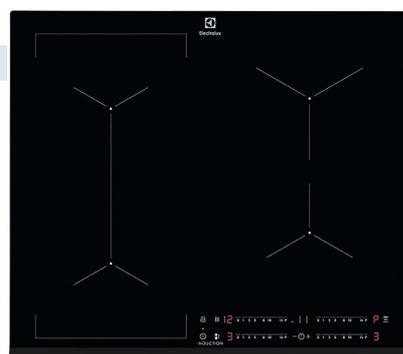


Figura 7 - Piano cottura induzione

Lo svantaggio di queste alternative elettriche è che per operare richiedono molta potenza, un piano cottura ad induzione richiede almeno 3kW per operare, a pieno regime si arriva a consumare anche fino a 7kW.

Difficilmente si andrà a consumare la massima potenza che può essere assorbita dall'elettrodomestico, visto il fatto che non si andrà praticamente mai ad utilizzare tutte le piastre alla massima potenza.

Stimare un consumo veritiero dell'apparecchio è molto difficile visto il fatto che le abitudini di ognuno vanno ad incidere molto, prendiamo dunque come valore medio il 75% della potenza totale che può essere assorbita, dunque ottenendo un consumo di circa 3.5kW.

Ricarica auto elettrica

Un altro ambito che richiede grandi quantità di potenza è la necessità di ricaricare durante la notte un veicolo elettrico, i sistemi di ricarica possono avere svariate richieste di potenza, in base alle esigenze.

Anche in questo ambito, una stima corretta è impossibile da ottenere senza conoscere la situazione particolare di ognuno, la distanza dal posto di lavoro incide sensibilmente sul dispendio di energia quotidiano.

Un esempio può essere un individuo molto vicino al posto di lavoro che non ha necessità di tornare al domicilio per pranzare, esso avrà un fabbisogno di energia molto inferiore a qualcuno che lavora molto distante da casa.

Nel caso di automobili elettriche, la situazione climatica può avere un impatto considerevole, durante l'inverno sarà necessario scaldare l'auto e durante l'estate raffreddarla, questo richiede una maggior quantità di energia dalle batterie per percorrere la stessa distanza.

Bisogna tener conto che la stima successiva può variare sensibilmente in base alla temperatura esterna, dalla carica presente nella batteria stessa al momento del collegamento e da altri fattori legati all'efficienza dell'impianto stesso, dunque è necessario tener conto che la seguente vale come stima di massima, per un calcolo più veritiero è necessaria una prova sul campo.

Nei casi più comuni l'auto viene usata giornalmente per andare al lavoro, possiamo prendere come esempio un pendolare domiciliato a 30 km dal posto di lavoro, dunque tenendo conto del ritorno per la pausa pranzo, otteniamo un totale di 120km.

Prendiamo in considerazione, come esemplificazione, la Tesla model 3 come veicolo elettrico, visto la sua popolarità.

Questo veicolo consuma circa 17.4 kWh/100 km (5.75 km/kWh), con una ricarica domestica a 3.5kWh, riusciamo ad arrivare a circa 17km per ogni ora di ricarica, tenendo conto della perdita di efficienza dovuta alla ricarica stessa.

Per ricaricare l'auto della quantità di energia spesa per il viaggio del giorno, sono necessarie circa 7/8 ore di ricarica, sarà dunque possibile durante la notte recuperare la maggior parte, se non tutta la carica necessaria al giorno successivo.

2.2 Stima del fabbisogno per fascia oraria

In questa sezione si cercherà di dare una stima del fabbisogno energetico di tutta l'abitazione in base all'uso quotidiano dei dispositivi sopra citati, in modo tale da individuare le fasce a maggior rischio sovraccarico e successivamente individuare una possibile stima delle priorità più adeguate alle varie utenze.

Anche in questo caso certamente la stima che si andrà ad individuare potrebbe essere sensibilmente diversa di caso in caso, ad esempio nel caso di turni di lavoro notturni o di un abitazione condivisa con più persone o dalle stesse abitudini individuali di ognuno.

Teniamo un consumo di potenza "base", sempre presente, dovuto a tutti quei carichi sempre collegati, ad esempio frigoriferi e congelatori e all'illuminazione dell'abitazione.

Di seguito andiamo a studiare per ogni carico precedentemente individuato le possibili fasce orarie in cui questo richiede potenza all'impianto.

Condizionamento dell'abitazione

Possiamo individuare la maggiore richiesta di energia per il condizionamento dell'abitazione nelle fasce orarie non lavorative in cui vi è presente qualcuno nell'abitazione.

Generalmente un orario di lavoro classico si svolge nelle fasce orarie 8.00/12.00 e 14.00/18.00 dunque sarà necessario climatizzare l'abitazione nella restante parte della giornata.

È necessario tener conto che il riscaldamento ed il raffreddamento non sono istantanei e richiedono del tempo, manteniamo dunque un ora di scarto in modo tale da garantire che sia raggiunta la temperatura voluta prima dell'arrivo a casa.

In conclusione possiamo individuare nelle fasce orarie 11.00/14.00 e 17.00/8.00 i periodi della giornata con maggiore richiesta di potenza per il condizionamento.

È necessario anche tener conto che la pompa di calore lavorerà a pieno regime per un periodo limitato, fino al raggiungimento della potenza desiderata, successivamente il consumo andrà a diminuire.

Sarà necessario approssimare il consumo effettivo poiché anche in questo ambito non è possibile effettuare una stima precisa senza conoscere la dispersione di energia dell'abitazione stessa, cercheremo dunque di essere il

più conservativi possibile in modo tale da approssimare il consumo effettivo per eccesso.

Prendiamo in considerazione un periodo di 3 ore nel quale la pompa di calore dovrà operare al massimo della potenza possibile e consideriamo una diminuzione del 30/40% della potenza una volta arrivati a regime.

Otteniamo dunque nelle fasce orarie 11.00/14.00 e 16.00/19.00 una richiesta di potenza del 100% (2kW) che successivamente andrà a diminuire a circa il 40% (800W).

Riscaldamento acqua sanitaria

Possiamo considerare la potenza necessaria al mantenimento della temperatura all'interno del boiler come trascurabile ai fini della nostra approssimazione di consumo, poiché la maggior parte della potenza verrà impiegata successivamente all'utilizzo dell'acqua calda.

Generalmente il consumo di acqua calda avviene in minor parte nella fascia mattutina e nel periodo del pranzo, la maggiore necessità di acqua calda avviene nel periodo serale.

Possiamo considerare remota la possibilità di svuotare completamente il serbatoio durante un solo utilizzo poiché la sua capienza supera i 200 litri.

Consideriamo come scenario probabile uno svuotamento parziale del serbatoio durante il periodo mattutino e durante la pausa pranzo ad esempio 50 litri ed uno svuotamento completo nel periodo serale, nel caso si tratti di una famiglia con più persone.

Per ripristinare lo svuotamento mattutino e quello serale, poiché essi rappresentano 1/5 della capienza del serbatoio saranno necessari circa 80 minuti, nel caso dello svuotamento serale saranno necessarie circa 6 ore, come riportato nella scheda tecnica dell'apparecchiatura.

Questo comporterebbe un fabbisogno energetico di 865W nei periodi descritti precedentemente, dunque nelle fasce orarie 7.00/8.20, 12.00/13.20 e 21.00/3.00.

Preparazione cibi

In questo ambito individuiamo le fasce orarie critiche in colazione pranzo e cena, come orario possiamo prendere in considerazione per la colazione 7.00/7.30, per il pranzo 12.30/13.30 e per la cena 19.30/20.30.

La richiesta di potenza è stata individuata precedentemente in circa 3.5kW.

Consideriamo il caso peggiore in cui il piano cottura venga utilizzato per tutta la durata di questi intervalli.

Ricarica dell'auto elettrica

il periodo più indicato alla ricarica è quello notturno, visto il fatto che vi è una minore richiesta di potenza e che l'auto non viene utilizzata.

Come precedentemente individuato, sono necessarie circa 8 ore per il recupero dell'energia spesa durante la giornata, sarà dunque possibile ricaricare l'auto nella fascia oraria 21.00/8.00.

In tutte le auto elettriche in commercio è possibile impostare la potenza assorbita durante la ricarica in modo tale da adattarsi ai vari impianti elettrici e potenza a disposizione.

Il calcolo effettuato precedentemente è riferito ad una ricarica con potenza 3.5kW, nel caso risultasse disponibile più potenza nella fascia oraria indicata sarà possibile impostare l'auto per assorbire tutta la potenza disponibile, tenendo conto della capacità del circuito a cui è collegata, così facendo sarà possibile massimizzare la carica recuperata.

Tabella e grafico di consumo giornaliero

Andiamo ora ad analizzare una proiezione del fabbisogno durante la giornata, lo scopo è quello di individuare le situazioni che possono causare un sovraccarico dell'impianto, questo ci aiuterà ad individuare le corrette priorità.

	ORARIO																										
CARICO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
Condizionamento	■										■				■												
Acqua sanitaria	■													■		■											
Preparazione cibi											■		■														
Auto elettrica	■																	■									

Figura 8 - Carichi simultanei per fascia oraria (senza controllo del carico)

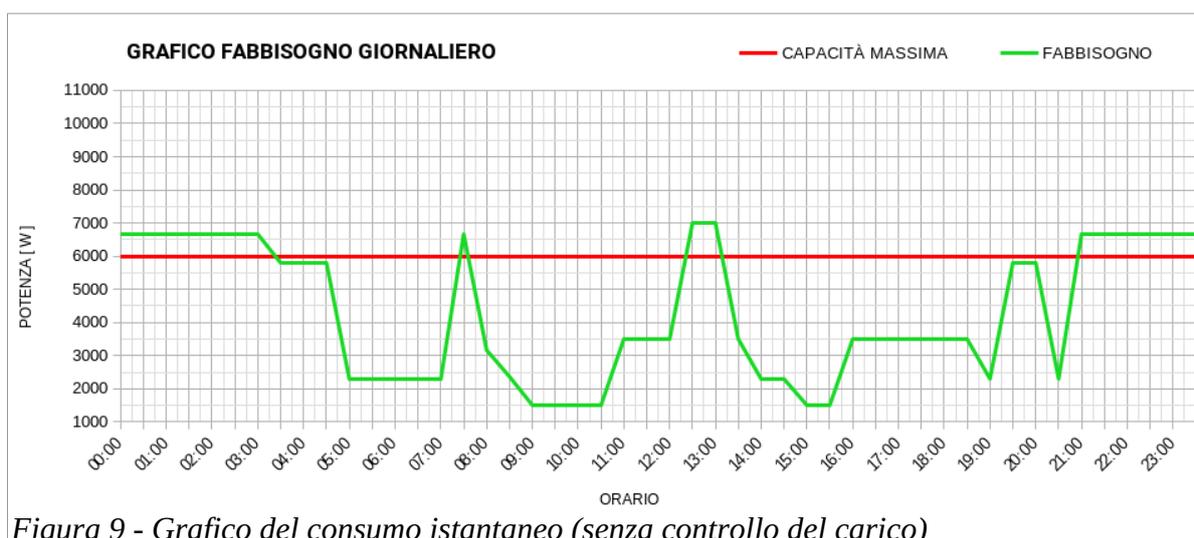


Figura 9 - Grafico del consumo istantaneo (senza controllo del carico)

Possiamo notare come vi sono svariati momenti della giornata in cui la domanda di potenza eccede la capacità massima dell'impianto, in questo caso prendendo in considerazione un massimale di 6kW.

Notiamo come le situazioni più critiche si verificano durante i pasti, quando la domanda eccede di molto la disponibilità, un altro momento critico da analizzare è la richiesta di energia durante la notte.

Si pone ora il problema di quale carico andare a sacrificare per evitare il sovraccarico, per fare ciò è necessario andare ad individuare preventivamente le priorità di ognuno di essi.

2.3 Individuazione delle priorità

In questa sezione cercheremo di analizzare quali dei carichi è possibile andare a sacrificare quando il fabbisogno di energia supera la disponibilità, si cercherà di individuare per ognuno degli ambiti una priorità relativa alla sua importanza relativa agli altri.

Inoltre sarà cruciale tener conto del fatto che è possibile sfruttare le fasce orarie a minor richiesta di energia per sopperire all'eventuale disattivazione di un carico in un'altra fascia oraria.

Andando a disattivare un carico è possibile forzarlo ad operare in un momento a bassa richiesta di potenza, nonostante il fatto che non vi sia possibilità di programmazione del carico stesso.

Un esempio di spostamento di fascia oraria è il riscaldamento dell'acqua sanitaria, come comportamento standard il boiler andrebbe ad operare a pieno regime una volta che la temperatura dell'acqua scende sotto ad un limite fissato, dunque subito dopo la richiesta di acqua calda.

Considerato il fatto che l'acqua all'interno del serbatoio per lo più mantiene la sua temperatura, grazie al forte isolamento termico del serbatoio stesso, disattivando il carico questo andrà a diminuire il fabbisogno energetico in quel momento a favore di un carico a priorità più alta.

Una volta che la disponibilità è tale da garantire l'operatività del boiler, questo andrà ad aumentare nuovamente la temperatura del serbatoio per l'uso successivo.

Questo tipo di approccio non pone svantaggi se il carico ha ripristinato la sua piena operatività prima del suo prossimo utilizzo, per il boiler, se questo è in grado di raggiungere la temperatura prefissata prima del prossimo utilizzo di acqua calda, per la ricarica dell'auto, quando essa ha recuperato l'energia necessaria a percorrere il tragitto della giornata.

Andiamo ora ad elencare i vari carichi in ordine di priorità, dal carico a priorità massima a quello a priorità minima.

- Priorità preparazione di cibo

Questo ambito ha certamente la priorità massima poiché è necessario che questo operi durante l'orario prestabilito, non è dunque possibile inserire del ritardo.

Sarà dunque necessario andare a scollegare qualche carico a priorità inferiore quando vi è necessità di utilizzare il piano, nella pausa pranzo e durante la cena serale.

- Priorità condizionamento

Possiamo ritenere il condizionamento come un ambito a priorità inferiore rispetto alla preparazione di cibo, visto il fatto che la temperatura media dell'abitazione, se questa è adeguatamente isolata, non varia bruscamente una volta escluso il condizionamento.

In caso il condizionamento venga escluso durante i brevi periodi in cui è necessaria potenza alla cucina, la temperatura media dell'abitazione, nell'arco di un ora non andrà a soffrirne particolarmente.

Consideriamo la priorità di questo carico superiore ai seguenti poiché la temperatura dell'abitazione condiziona molto il comfort della stessa, a differenza della temperatura dell'acqua sanitaria, che anche se di qualche grado inferiore a quella impostata comporta un problema inferiore a quello della temperatura ambientale.

Per quanto riguarda la carica dell'auto elettrica, certamente questa può essere sacrificata per quei periodi di tempo ad alto assorbimento energetico, la carica potrà poi continuare quando il fabbisogno è inferiore.

- Priorità carica automobile

Possiamo considerare la carica dell'auto come avente priorità inferiore ai carichi precedenti, per quanto detto prima.

Si è scelto di dare una priorità maggiore alla carica dell'automobile anziché al riscaldamento dell'acqua sanitaria anche se ciò potrebbe sembrare contro intuitivo poiché questa non è presente nell'abitazione nei periodi di fabbisogno inferiore, cioè durante le fasce orarie lavorative.

Al contrario il boiler può spostare il riscaldamento dell'acqua durante le fasce orarie lavorative, poiché sempre collegato all'impianto.

Nel caso in cui venisse assegnata priorità inferiore alla carica dell'automobile ci troveremmo nello scenario in cui durante il periodo notturno avremmo il

riscaldamento dell'acqua sanitaria a discapito dell'automobile, questo porterebbe ad una posticipazione della ricarica durante le fasce orarie lavorative quando l'automobile non sarebbe collegata all'impianto.

A lungo andare questo porterebbe ad avere un deficit di carica, che porterebbe a non avere carica sufficiente alla giornata.

- **Priorità riscaldamento acqua sanitaria**

A questo carico andiamo ad assegnare la priorità più bassa poiché il riscaldamento dell'acqua sanitaria può avvenire in qualsiasi fascia oraria, dato il fatto che il maggior uso di acqua calda avviene in fascia serale.

Dunque lo scaldabagno può operare durante la giornata quando l'automobile non è collegata all'impianto.

2.4 Rimodulazione fabbisogno giornaliero con esclusione dei carichi

In questa sezione andiamo a studiare come si modifica il fabbisogno giornaliero andando ad escludere i carichi a priorità più bassa quando il fabbisogno eccede la disponibilità.

Come criterio di esclusione viene usato il seguente: quando il fabbisogno eccede la disponibilità, vengono esclusi i carichi a priorità inferiore, fino al raggiungimento della condizione di non sovraccarico.

Il risultato è il seguente: i carichi a priorità inferiore spostano la loro attività in periodi della giornata a basso fabbisogno energetico, ad esempio il riscaldamento dell'acqua sanitaria si sposta nelle fasce orarie lavorative, il condizionamento si interrompe in caso di utilizzo del piano cottura.

Il sistema andrà ad adattarsi alle varie esigenze in maniera dinamica, mediante la misurazione istantanea della richiesta di energia dei vari carichi, non è necessario effettuare praticamente nessuna pianificazione ulteriore al set-up iniziale, il sistema si occuperà automaticamente del resto.

CARICO	ORARIO																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Condizionamento	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Acqua sanitaria						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Preparazione cibi														■								■		
Auto elettrica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 10 - Carichi simultanei per fascia oraria (con controllo del carico)

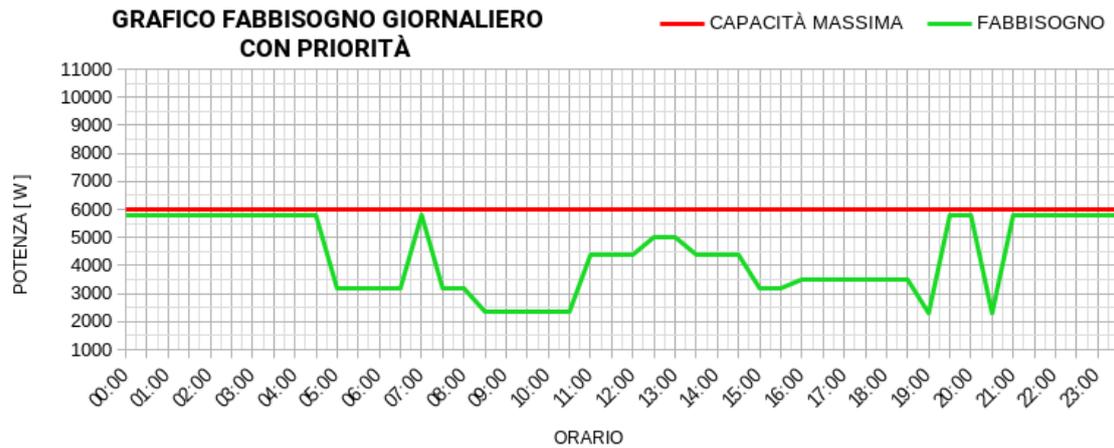


Figura 11 - Grafico del consumo istantaneo (con controllo del carico)

Conclusioni

Possiamo notare come, una volta inserito il sistema a priorità, non vi sono più situazioni di sovraccarico dell'impianto.

Inoltre non viene sacrificata l'operatività di nessun carico, poiché si ha l'effetto di posticipare la loro richiesta di potenza durante periodi di basso fabbisogno energetico, l'energia totale richiesta non cambia, ne viene solamente posticipata la richiesta.

Il sistema funziona correttamente fin quando la capacità dell'impianto è tale da garantire che vi sia un momento della giornata in cui il carico è in grado di operare, se la capacità è troppo inferiore alla domanda non si potrà garantire la corretta operatività di tutti i carichi.

L'effetto di posticipazione della richiesta di energia è possibile qualora il carico abbia la capacità di immagazzinare energia nei momenti a bassa domanda e rilasciarla quando necessario.

Come esempio possiamo prendere il riscaldamento dell'acqua sanitaria, la ricarica dell'automobile ed il condizionamento, in tutti questi casi vi è un immagazzinamento di energia, nel serbatoio d'acqua, nella temperatura dell'aria e nella batteria dell'automobile, in tutti i casi non è strettamente necessario che la richiesta di energia avvenga appena il carico la richiede, ma può essere posticipata successivamente.

Questo genere di applicazioni funziona con lo stesso principio di un impianto fotovoltaico con accumulo, questo accumula energia durante il giorno, in cui la disponibilità di energia è maggiore e successivamente viene rilasciata durante la notte.

Capitolo 3

Simulazione sperimentale

3.1 Obiettivi sperimentali

Ci poniamo come obiettivo sperimentale quello di andare a simulare il fabbisogno abitativo e, nel caso in cui questo superi la disponibilità massima di potenza di andare ad operare, mediante controllo automatico del microcontrollore, la disconnessione dall'impianto dei carichi a più bassa priorità.

Il set-up sperimentale deve essere in grado di operare in completa autonomia e garantire che non venga a verificarsi una situazione di sovraccarico dell'impianto.

3.2 Set-up sperimentale generale

In questa sezione andremo a dare concretezza a quanto studiato in precedenza, si vuole ad effettuare una simulazione sperimentale con un modellino semplificato di abitazione e quadro elettrico.

In questo modello vi sono due principali componenti, una deve simulare il fabbisogno di potenza abitativo, per fare ciò verranno utilizzati dei carichi il cui assorbimento può essere operato manualmente, nella seconda sezione andremo ad alloggiare tutto quello che andrà a costituire il nostro quadro elettrico simulato e la componentistica necessaria al controllo.

È necessario che il fabbisogno dei carichi venga operato manualmente poiché con questo comportamento si va ad emulare un elettrodomestico reale, il quale non ha nessuna "conoscenza" della potenza rimanente disponibile all'impianto, che per ciò andrà ad assorbire potenza anche se questa non è disponibile, causando un blackout, l'operatività manuale permette di creare questa situazione di sovraccarico.

Schema generale dell'impianto sperimentale

Riportiamo di seguito uno schema circuitale del set-up che si vuole ottenere:

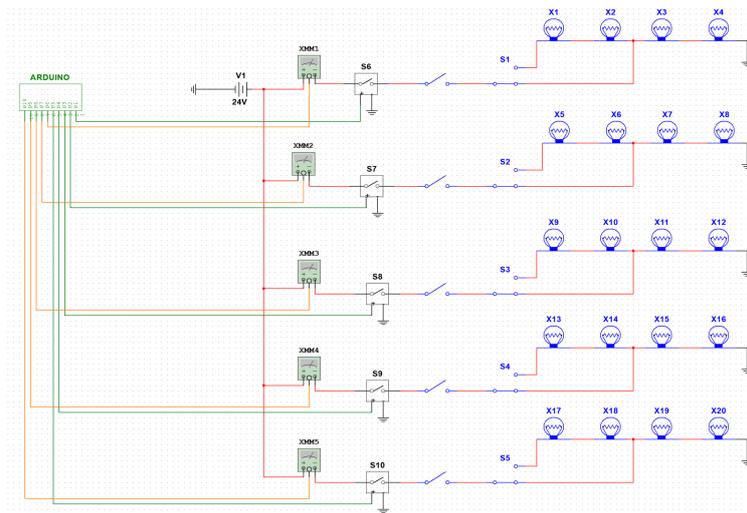


Figura 12 - Configurazione circuitale a 5 carichi

Elenchiamo di seguito le componenti costituenti del modello e una lista dei materiali necessari, successivamente andremo nel dettaglio ad individuare la componentistica specifica utilizzata:

- Microcontrollore Arduino
- Sensori di corrente ad effetto Hall
- Relè per andare a scollegare dinamicamente i carichi
- Interruttori a due vie per modificare l'assorbimento del carico, in modo da passare da uno stato di basso ad uno stato di alto assorbimento e permettere di scollegare manualmente il carico
- Lampadine per simulare un carico in potenza
- Portalampade

3.3 Build of material

Per ogni categoria sopra elencata andiamo ora a definire quali specifiche componenti sono state utilizzate per costruire il modello, insieme ad altro materiale accessorio utilizzato, non fondamentale alla simulazione.

- Microcontrollore Arduino Mega:

Siamo andati ad utilizzare come controllore un Arduino, per la sua semplicità di programmazione e costo ridotto, inoltre è disponibile una vasta gamma



Figura 13 - Microcontrollore Arduino Mega

di sensori ed attuatori facilmente adattabili, inoltre la documentazione è vasta e facilmente reperibile.

- Serie di relè

Andiamo ad utilizzare una serie di 8 relè in una scheda già adattata per la prototipazione con Arduino, nel nostro caso andremo ad utilizzare solamente 4 degli 8 relè disponibili in quanto andremo ad effettuare una simulazione con solo 4 carichi.

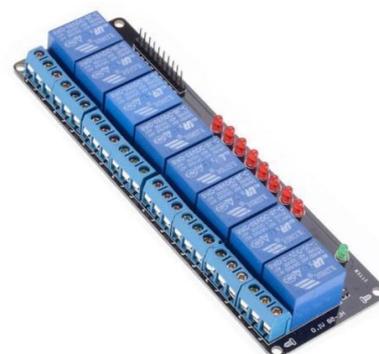


Figura 14 - Banco da 8 relè

- Lampadine 24V 50W G5.3

Abbiamo scelto delle lampadine per la simulazione dei carichi per la loro facilità di reperimento e per il costo ridotto rispetto ad equivalenti resistenze capaci di dissipare tale potenza.



Figura 15 - Lampadine 24V 50W G5.3

Andiamo ad utilizzare 4 lampadine per ogni carico collegate a due a due per avere un fabbisogno di potenza pari a 100W nella posizione di minor carico e 200W in quella a carico maggiore.

Andiamo anche ad utilizzare una serie di portalampade in ceramica adatti al passo dei contatti delle lampadine, questo tipo di portalampade è in grado di resistere al calore e supportano una potenza massima di 100W per ogni lampadina.



Figura 16 - Portalampade G5.3

- Interruttori a tre posizioni

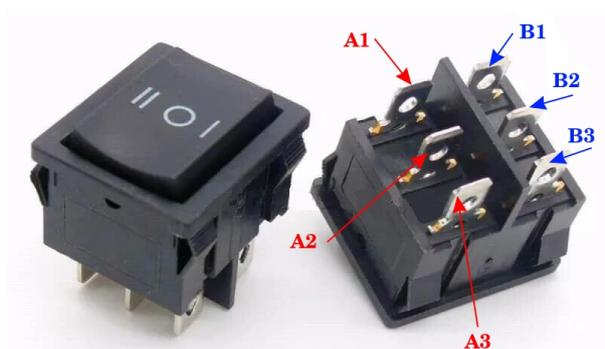
Per modificare in modo dinamico il carico assorbito utilizziamo degli interruttori a tre posizioni, di cui poi viene riportato lo schema dei collegamenti, che ci permettono di far assumere al carico uno dei seguenti tre stati in maniera manuale:

1. Spento
2. Bassi consumo (2 lampadine 50W)
3. Alto consumo (4 lampadine 50W)



Figura 17 - Interruttori a 3 posizioni

Per ottenere il risultato voluto sarà necessario seguire il seguente schema di collegamento:



A2 Sorgente alimentazione +

A1 -> B3 : A1 -> 2 lampadine

A3 -> B2 : A3 -> 2 lampadine

L'altro capo delle lampadine viene collegato alla sorgente di alimentazione -

Figura 18 - Schema di collegamento

- Sensori di corrente ad effetto Hall

Come sensori di corrente andiamo ad utilizzare dei sensori ad effetto Hall per la loro semplicità di utilizzo e costo ridotto, inoltre sono in grado di misurare correnti delle decine di Ampere.

Nella fattispecie abbiamo scelto dei sensori di tipo ACS712-30A.

30A



Figura 19 - ACS712-30A

Successivamente andremo a dettagliare meglio il loro funzionamento e come viene implementata la loro lettura nel software di Arduino, ora andremo a dettagliare come essi devono essere collegati per effettuare le misurazioni.

Andiamo ad alimentare il sensore come da specifica con una tensione di 5V tra i pin Vcc e Gnd, il pin centrale è quello di uscita che andremo a collegare ad un pin analogico qualsiasi di Arduino, per effettuare la lettura del sensore.

- Alimentatore 24V 600W

È possibile reperire alimentatori a 24V molto facilmente sul mercato a prezzi adeguati grazie al loro forte impiego nelle applicazioni di illuminazione a LED, questi sono anche disponibili alla tensione di 12V nel caso si fosse scelto di operare a tensioni minori.



Figura 20 - Alimentatori 24V

- Regolatore tensione DC - DC 5V

Per evitare che sia necessario un alimentatore aggiuntivo per il microcontrollore e per alimentare i sensori di corrente è stato impiegato un convertitore DC DC per adattare la tensione di alimentazione a 24V ai 5V richiesti.



Figura 21 - Regolatore DC-DC

- Materiale accessorio utilizzato

Come materiale accessorio saranno necessari tutti i cavi di collegamento delle varie parti del circuito, questi devono essere scelti in modo tale da evitarne il surriscaldamento dovuto alle alte potenze in gioco, in questo caso in totale si tratta di svariate decine di Ampere ad una tensione di 24V.

Inoltre si è fatto necessario, per evitare di danneggiare la parte in legno del circuito e la vernice, di contenitori in acciaio dove alloggiare le lampadine, questi permettono di distanziarle dalle parti che potrebbero essere danneggiate dal calore.

Per tenere alloggiati i portalampade è stato necessario l'utilizzo di un collante resistente alle alte temperature, questo è stato usato anche per fermare in posizione i contenitori di acciaio.

Il supporto in questo caso è stato realizzato con del legno di scarto che è stato sagomato a misura e verniciato, utilizzare un supporto in legno permette di sagomare facilmente tutti i fori necessari ai componenti e di fissare il tutto con viti e collante.

3.4 Sensori ad effetto hall ACS712-30A

Questo tipo di sensore permette la misurazione di correnti nel range di + - 30A, è anche disponibile nelle configurazioni da 5A, 20A e 100A, di seguito riportiamo alcune informazioni utili estratte dal datasheet che ci permetteranno di utilizzare questo tipo di sensore con i pin analogici di Arduino.

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS [1]: Over full range of T_A , $C_F = 1 \text{ nF}$, and $V_{CC} = 5 \text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	mΩ
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; $I_P = 0 \text{ A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling [2]			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance [3]	$R_{F(INT)}$			1.7		kΩ

[1] Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

[2] 1G = 0.1 mT.

[3] $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

Figura 22 - Estratto datasheet ACS712-30A

Possiamo notare come questo tipo di sensore abbia un comportamento praticamente lineare con l'andamento della corrente che si vuole misurare, questo permette di utilizzare una formula molto semplice per il calcolo della corrente.

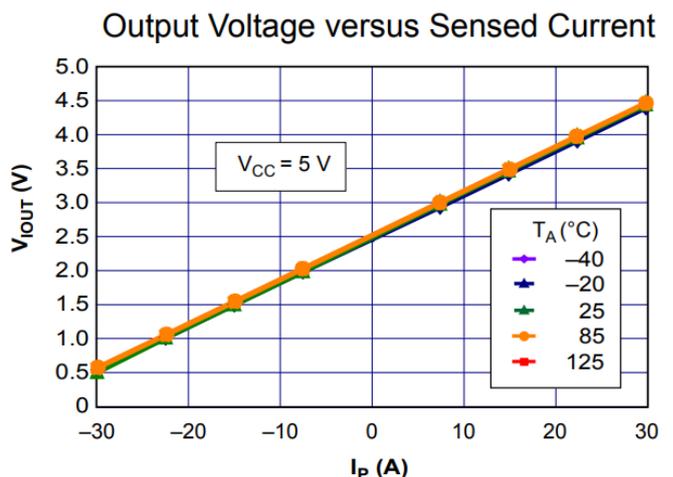


Figura 23 - Rapporto corrente tensione ACS712-30A

Di seguito andiamo a riportare uno spezzone di codice di codice di Arduino che ci permette di ottenere una misurazione il più precisa possibile del nostro sensore e che restituisce in output sulla porta seriale.

```

float corrente = 0;
    for(int i = 0; i < 1000; i++) {
        corrente = corrente + (.044 * analogRead(A0) -3.78) / 1000;
        delay(1);
    }
    Serial.println(corrente);

```

Facciamo notare come la parte di codice selezionata in rosso sia quella che si occupa della misurazione vera e propria, il resto del codice si occupa di evitare rapide oscillazioni del valore della corrente, vengono prese 1000 misurazioni a distanza di 1ms l'una dall'altra e viene fatta la media.

NB: La formula sopra riportata è valida solamente per il sensore ACS712-30A, nel caso si desideri utilizzare i sensori a 5A o 20A la parte della formula evidenziata in rosso va sostituita con le seguenti:

*ACS712-5A -> [(.0264 * analogRead(A0) - 13.51)]*

*ACS712-20A -> [(.19 * analogRead(A0) - 25)]*

3.5 Struttura dell'algoritmo del microcontrollore

Andiamo innanzitutto ad evidenziare quali sono le strutture principali che andranno a comporre l'algoritmo su cui il controllore andrà a basarsi per intervenire su i carichi:

- Set-up iniziale

È necessario stabilire innanzitutto le priorità di ciascun carico secondo i criteri che sono stati stabiliti precedentemente, sarà necessario abbinarci un valore numerico che verrà verificato dal microcontrollore.

È anche necessario stabilire quale sia la capacità massima totale dell'impianto.

- Misurazione della richiesta energetica attuale di ciascun carico

Per misurare la richiesta energetica dei carichi vengono interrogati i sensori di corrente, una volta conosciuta la corrente possiamo facilmente derivarne la potenza in Watt.

- Calcolo fabbisogno energetico totale

Per calcolare il fabbisogno energetico totale vengono sommati i consumi dei vari carichi e viene dunque calcolata la disponibilità totale rimanente.

- Verifica della condizione di sovraccarico

Nel caso in cui la disponibilità totale rimanente sia inferiore a zero, cioè quando sta per verificarsi una situazione di sovraccarico viene innescata la sezione dell'algoritmo che decreta lo scollegamento del carico.

- Scollegamento del carico a priorità inferiore

Quando si verifica una condizione di sovraccarico viene scollegato il carico nella pila con priorità inferiore, prima di scollegarlo però viene salvato in memoria il consumo del carico stesso.

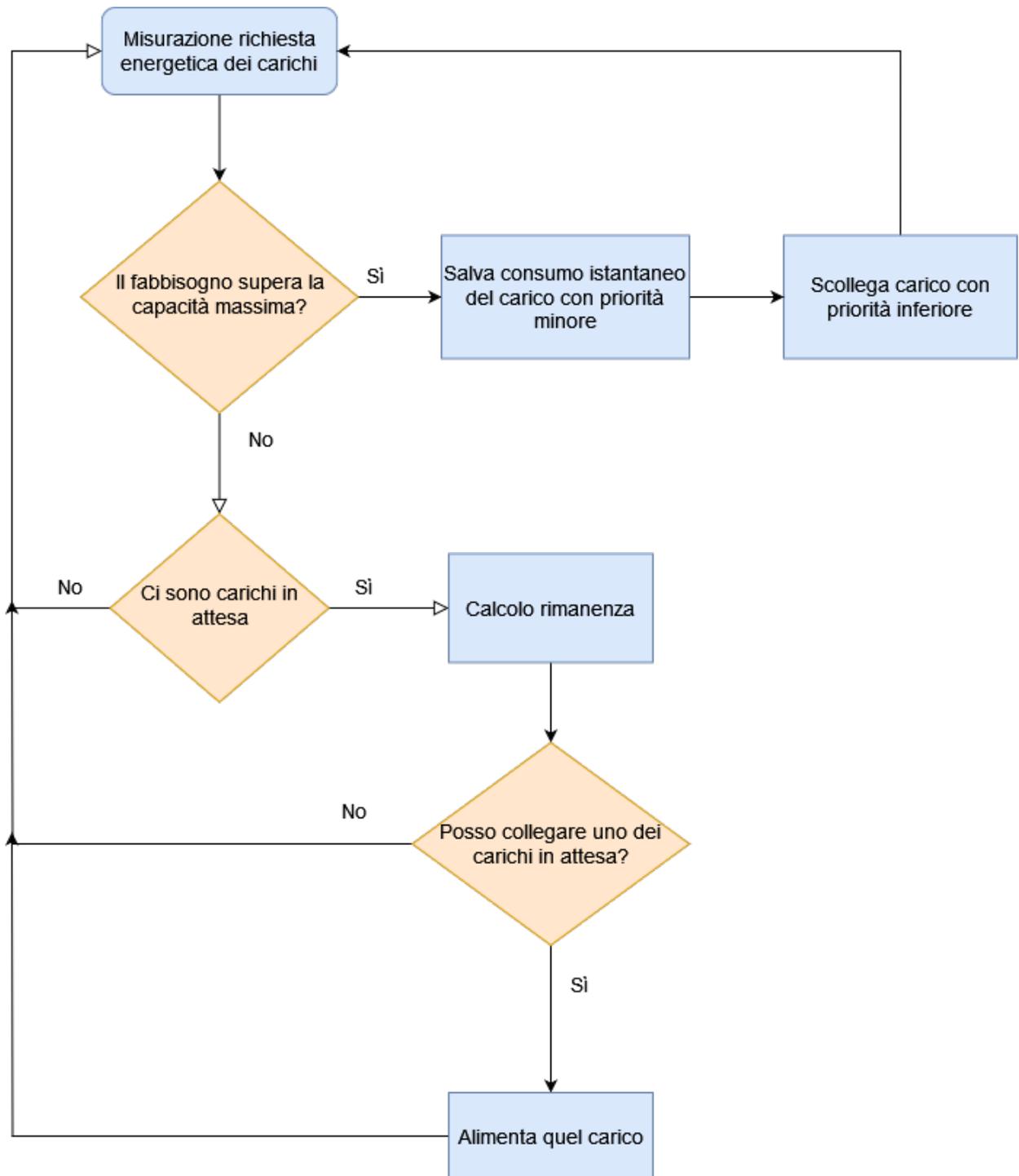
È necessario salvare il consumo del carico per evitare una condizione di bouncing in cui esso viene ricollegato quando la disponibilità non è sufficiente a garantirne il collegamento senza un sovraccarico.

In pratica si vuole evitare che il carico venga ricollegato quando non vi è abbastanza fabbisogno per alimentarlo, poiché il carico verrebbe ricollegato subito una volta che la disponibilità è maggiore di 0 ma questo, nel caso in cui la disponibilità sia ridotta ne comporterebbe lo scollegamento subito dopo.

- Ripristino dei carichi precedentemente inibiti

Prima di andare a riattivare un carico viene verificato che la disponibilità sia superiore al consumo del carico prima del distacco, altrimenti la disponibilità effettiva non verrà considerata sufficiente ed il carico rimarrà scollegato.

3.6 Flow Chart algoritmo di controllo



3.7 Fotografia del set-up sperimentale

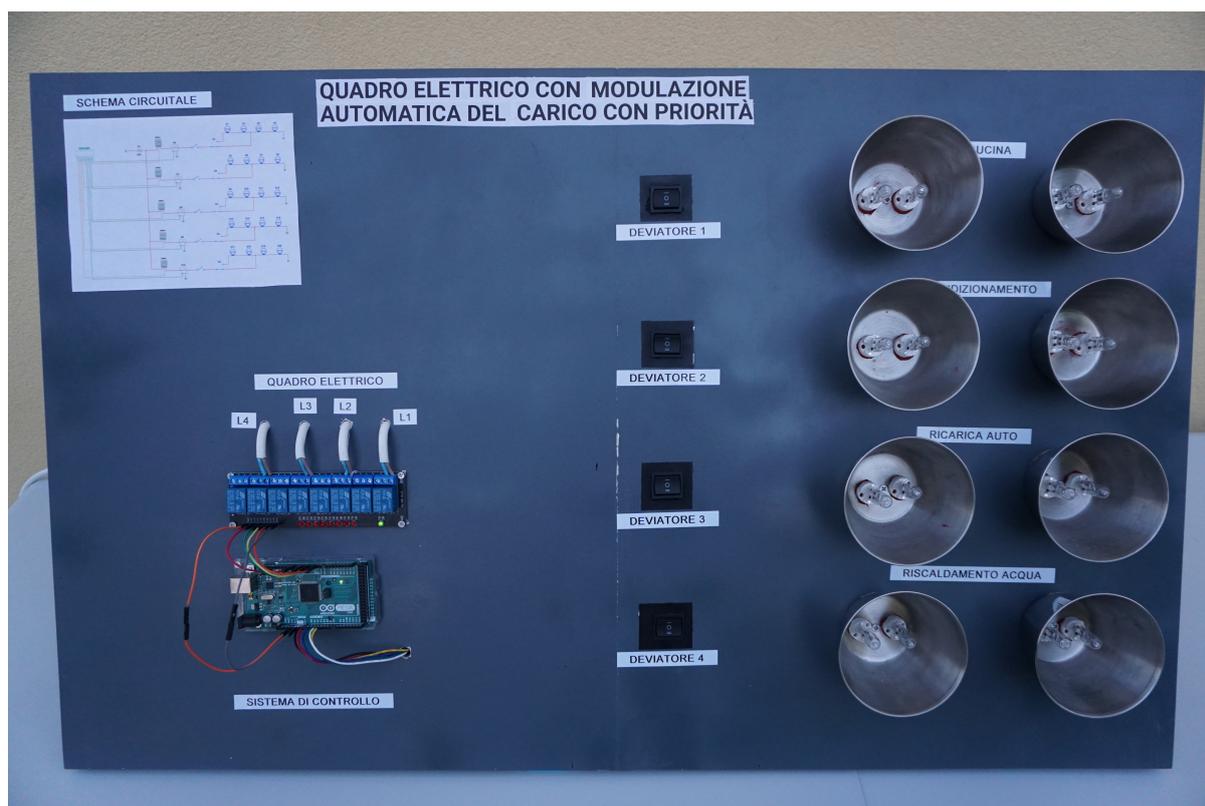


Figura 24 - Setup sperimentale completo

3.8 Commento finale e sviluppi futuri

- Possibile criticità dell'algoritmo

Una delle possibili criticità individuate durante la stesura dell'algoritmo è la possibilità che si verifichi una situazione in cui una volta scollegato un carico che precedentemente aveva una richiesta di potenza X , questo una volta ricollegato sia in uno stato di fabbisogno maggiore della totale disponibilità.

Se si verificasse questa situazione il carico verrebbe scollegato immediatamente potenzialmente a lungo andare provocandone il deterioramento.

Questo problema è di facile attenuazione se la verifica viene fatta a cadenza minore, visto il fatto che l'impianto può sopportare una situazione di sovraccarico per un periodo limitato senza causare un blackout, possiamo ad esempio verificare i consumi con una cadenza più lunga ad esempio di 10/15 min.

- Possibili sviluppi futuri

Come precedentemente indicato, in questo caso si tratta di una simulazione semplificata dei principi di funzionamento di base, è possibile dunque espandere in svariati modi le capacità dell'impianto, di seguito riportiamo alcuni esempi:

- Modifica dinamica della priorità:

È possibile introdurre la funzione di modifica della priorità, ad esempio a seguito dell'introduzione di un nuovo carico o della sostituzione dello stesso.

Se viene introdotto nell'abitazione un nuovo carico che si vuole monitorare è possibile modificare le priorità dei carichi preesistenti in corso d'opera, mantenendo i dati in qualche sorta di database, senza richiedere interventi particolari da parte di un tecnico.

- Monitoraggio dei consumi istantanei e nel tempo e contenimento dei costi

È possibile introdurre un monitoraggio dei consumi istantanei che permetterebbe di individuare situazioni di consumo anomale o critiche come ad esempio il riscaldamento lasciato acceso con una finestra aperta, in questo caso si individuerebbe la problematica per via del consumo anomalo dell'impianto di riscaldamento.

È inoltre possibile tenere traccia dei consumi delle varie apparecchiature nel tempo per valutarne l'impatto economico durante la vita del carico stesso, questo può essere utile per valutare quando è necessario procedere alla sua sostituzione nel caso la perdita di efficienza dovuta all'usura non sia più economicamente vantaggiosa rispetto alla sostituzione.

- Controllo remoto

Sarebbe possibile implementare un controllo remoto delle apparecchiature in modo tale da permettere ad esempio di controllare il condizionamento dell'abitazione ed impostare preventivamente la temperatura desiderata prima dell'arrivo, oppure spegnere un apparecchiatura lasciata accesa.

Altri vantaggi dell'interfaccia remota potrebbero essere la possibilità di operare aggiornamenti software senza l'intervento in loco di un tecnico ma ricevendo aggiornamenti direttamente mediante internet.

- Interfacciamento mediante display/interfaccia web

È possibile introdurre un interfaccia di monitoraggio e controllo diretto da parte del cliente dell'apparecchiatura, sia mediante un display collegato in prossimità del quadro elettrico stesso sia con un interfaccia web remota.

Questo permetterebbe al cliente di operare in maniera completamente autonoma e senza l'intervento di un tecnico.