

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Accreditamento Customer Testing Facility CTF in ambito refrigerazione  
commerciale presso Epta S.p.a.

**Relatore:** Prof. MARCO PERTILE

**Laureando:** LORENZO BERTIGLIA

Matricola: 2017814

Anno Accademico 2022/2023.



# INDICE

INTRODUZIONE .....	1
PRESENTAZIONE AZIENDA .....	4
CAPITOLO 1 .....	10
1.0 Certificazione CB .....	10
1.1 Contenuto CB .....	11
1.2 Protezione contro l'accesso a parti in tensione – Capitolo 8 della norma CEI EN 60335 .....	13
1.3 Prova sulla Potenza e Corrente – Capitolo 10 della norma CEI EN 60335.....	15
1.4 Prova sul Riscaldamento – Capitolo 11 della norma CEI EN 60335 .....	17
1.5 Stabilità e pericoli meccanici – Capitolo 20 della norma CEI EN 60335 .....	20
1.6 Resistenza meccanica – Capitolo 21 della norma CEI EN 60335.....	21
1.7 Costruzione – Capitolo 22 della norma CEI EN 60335 .....	26
CAPITOLO 2 .....	31
2.0 Certificazione Customers Testing Facilities (CTF).....	31
2.1 UNI CEI EN ISO/IEC 17025 .....	32
2.2 Requisiti Relativi Alle Risorse (Paragrafo 6 della ISO/IEC 17025) .....	34
2.3 Strutture e Condizioni Ambientali (Paragrafo 6.3 della ISO/IEC 17025).....	35
2.4 Dotazioni (Paragrafo 6.4 della ISO/IEC 17025).....	37
2.5 Valutazione dell'incertezza di misura (Paragrafo 7.6 della ISO/IEC 17025).....	42
2.6 Manuale della Qualità.....	48
2.7 Documenti Operativi - OD .....	49
CAPITOLO 3 .....	58
3.0 Strumenti Di Misura .....	58
3.1 Velocità Dell' Aria – Anemometri .....	58
3.2 Potenza – Analizzatore Di Rete.....	65
3.3 Analizzatore di rete Seneca R203.....	81
3.4 Temperatura – Termocoppie e Termoresistenze .....	92
3.5 Acquisitore di dati Seneca .....	102
CONCLUSIONI .....	111
Audit CTF 1.....	111

Risultati e Vantaggi Ottenuti.....	112
Obbiettivi Futuri .....	113
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>115</b>

# INTRODUZIONE

La seguente tesi descrive i processi e passaggi per l'ottenimento della certificazione CTF 1 (Customer Testing Facility) del laboratorio di Epta S.p.a nel sito produttivo Costan, località di Limana. Lo scopo generale di questo progetto è quello di migliorare le competenze del laboratorio in ambito metrologico con il fine ultimo di ottenere la certificazione CTF. L'obiettivo più generale è quello di migliorare la precisione di tutte le misure realizzate in laboratorio e diminuire al massimo l'errore delle misurazioni. La CTF è una certificazione specifica per i laboratori, che una volta ottenuta, permette di eseguire le prove di sicurezza elettrica, descritte nella norma CEI EN 60335, direttamente nel proprio laboratorio senza rivolgersi a un laboratorio esterno per l'esecuzione delle prove. L'ottenimento di questa certificazione porterebbe molti benefici all'azienda: un risparmio economico sui processi di certificazione, poiché il carico di lavoro non sarebbe solo a carico degli enti certificatori, una maggior velocità nell'ottenere il certificato di sicurezza elettrica, poiché le code nei laboratori esterni sono lunghe e ci sono molti tempi morti o di attesa, l'ultimo beneficio è una maggiore conoscenza dei test di sicurezza da effettuare sulla macchina e una maggiore consapevolezza delle problematiche, che si potrebbero verificare durante i test, cercando di anticiparle con una corretta progettazione iniziale e non risolvendole solo quando si presenta una non conformità, dovuta al fallimento di un test di sicurezza. Per ottenere la CTF 1 verranno messe in atto tutte quelle misure per l'ottenimento della certificazione, che possono essere: modifiche strutturali al laboratorio, modifiche o acquisizione di nuova strumentazione che rispettano i requisiti richiesti, inserimento di nuove procedure o modifiche a quelle già esistenti. Tutte queste misure, che verranno messe in atto; dall'acquisto di un nuovo strumento al redigere una nuova procedura verranno descritte in questo documento. Oltre a queste attività all'interno di questa tesi vengono descritte anche altre attività, che non sono propedeutiche all'ottenimento della CTF1, ma che erano necessarie per lo svolgimento di altri test all'interno del laboratorio; infatti l'attività principale del laboratorio non è l'esecuzione dei test di sicurezza, ma l'esecuzione dei test sulle prestazioni dei frigoriferi: ovvero i test in cui si simula il riempimento del frigorifero e si verifica la temperatura dei prodotti all'interno del frigorifero e il consumo energetico del banco. Anche per realizzare queste prove è necessaria della strumentazione che sia il più possibile precisa quindi, è stato fatto anche un percorso per migliorare anche l'esecuzione di questi test. Gli argomenti di questa tesi, quindi sono esclusivamente di carattere normativo e metrologico e descrivono tutti i passaggi fino al raggiungimento dell'obiettivo prefissato, ovvero la CTF 1. Questo documento è basato sull'esperienza del laboratorio di Limana, un altro laboratorio che volesse seguire lo stesso percorso potrebbe incontrare problematiche differenti da quelle descritte in questo documento, quindi, non può essere vista come "una guida all'ottenimento della CTF 1", ma solo come il racconto del percorso fatto al fine di ottenere la certificazione. Se si fosse interessati ad ottenere gli stessi risultati nel proprio laboratorio si consiglia fortemente la lettura delle seguenti norme: CEI EN 60335-1, UNI ISO/IEC 17025. Infine, questa tesi non ha l'obiettivo di descrivere un percorso, che viene portato a termine nella sua totalità, bensì descrive l'inizio di un percorso ben più lungo, che raggiungerà il suo compimento solo tra qualche anno, quando il laboratorio avrà raggiunto una conoscenza e una competenza ben più ampia nell'ambito delle prove di sicurezza elettrica.





## PRESENTAZIONE AZIENDA

Epta Spa è un gruppo specializzato nella refrigerazione commerciale per i settori Retail, Food&Beverage e Ho.Re.Ca.; è un grande gruppo industriale multinazionale presente in cinque continenti, che lavora con l'obiettivo di soddisfare i bisogni di tutti i segmenti della refrigerazione commerciale, interpretando le culture di consumatori provenienti da paesi più diversi, dando vita a tecnologie del freddo sostenibili che, con uno sguardo rivolto al futuro, creano valore per i clienti, in ogni parte del mondo. Nello specifico realizza banchi frigoriferi e banchi freezer per la conservazione di alimenti nei supermercati, negozi, bar, hotel, ecc. oltre ai servizi di customizzazione dei frigoriferi e al supporto post-vendita l'azienda offre un servizio di progettazione della soluzione desiderata, sia essa un banco frigo o l'intero layout di un punto vendita alimentare. Molto spesso, infatti, gli operatori sono alla ricerca di un partner al quale affidare la realizzazione chiavi in mano di uno spazio di vendita: in simili contesti, il Gruppo Epta offre l'esperienza di un gruppo multidisciplinare competente nel plasmare e costruire piccoli e grandi spazi commerciali, studiandone il concept e occupandosi della fornitura di tutti gli arredi, anche non refrigerati. Epta offre supporto anche per la progettazione e realizzazione di banchi frigoriferi personalizzati, che grazie alla loro modularità e flessibilità, possono essere adattati alle esigenze specifiche del cliente, che ne può scegliere dimensioni, accessori, colori e finiture.

In particolare, la sede di Limana produce solo banchi frigoriferi e freezer per i supermercati, quindi vengono prodotti banchi a temperatura positiva per gli alimenti freschi e banchi a temperatura sottozero per gli alimenti surgelati. L'offerta è molto ampia e varia per entrambe le tipologie di prodotto, così da soddisfare tutte le esigenze della grande distribuzione. Per avere un'idea chiara dei prodotti che vengono realizzati si riportano qui di seguito degli esempi di prodotti realizzati nella sede di Limana.

Un esempio di banco a temperatura positiva è lo stage: isola bassa per la vendita di prodotti freschi e pre-confezionati, ideale per contenere prodotti confezionati come: formaggi, affettati, yogurt, ecc. Il grande vantaggio degli Stage è la posizione, possono essere posizionati al centro di un reparto o di un corridoio, attirando l'occhio del cliente; solitamente vengono posti all'interno del banco frigorifero prodotti in offerta, ottimi per l'acquisto impulsivo.





*Fig. 0.1 – Stage, isola promozionale refrigerata*

Un altro esempio di prodotto è il Gran Vista Next, frigorifero verticale aperto o chiuso per l'esposizione di prodotti freschi (temperatura positiva) come: latticini, yogurt, latte, burro, bibite, pasta fresca, ecc. Il principale vantaggio di questo mobile è l'ampia superficie di esposizione, un'eccellente visibilità del prodotto e un ampio spazio dove disporre i prodotti.



*Fig. 0.2 – Gran Vista Next, banco frigo verticale*

L'ultimo esempio di prodotto è il Tortuga Ultra, è un banco frigorifero orizzontale a isola per l'esposizione di prodotti surgelati (temperatura negativa) come: gelati, pizze, prodotti ittici surgelati, ortaggi surgelati, ecc. I vantaggi di questo mobile sono: la grande capienza delle vasche che permette di stoccare una grande quantità di prodotto, l'ampia superficie di esposizione grazie ai vetri trasparenti e il facile accesso ai prodotti attraverso le porte scorrevoli.



*Fig. 0.3 – Tortuga Ultra, banco freezer orizzontale*

I numeri di Epta: possiede 11 unità produttive dislocate in tutto il mondo, con un totale di 6.300 dipendenti, ha clienti in 100 Paesi differenti e nel 2021 ha ottenuto un fatturato di 1.2 miliardi di euro.

#### Le origini e la crescita

Il gruppo è nato nel 1986, il primo nucleo dell'attuale compagnia societaria nasce con l'acquisizione di Costan S.p.A. (nata a Tornio nel 1946 dai fratelli Mario e Alberto Costan) e segna l'ingresso nel mondo della refrigerazione commerciale. L'azienda entra in un'ottica di forte sviluppo che si concretizza in significative acquisizioni di aziende leader nei propri mercati di riferimento.

Nel 1987 entra a far parte del Gruppo la francese Bonnet Névé, nata dall'unione di due storiche società Bonnet, Refrigeration e Salam Névé, poi unificate in un unico brand, "Bonnet Névé", al momento dell'acquisizione. Bonnet Névé è tuttora leader per la progettazione e produzione di banchi frigoriferi e unità di refrigerazione.

Nel 1997 avviene l'acquisizione della tedesca BKT-Epta Deutschland, azienda con 100 anni di attività alle spalle, divenuta leader per l'offerta di servizi completi nella realizzazione di impianti chiavi in mano per la refrigerazione commerciale di grandi catene e fast food.

Nel 1999 il Gruppo Epta acquisisce l'inglese George Barker, nata a Bradford nel 1928, leader nel mercato locale per la progettazione e produzione di mobili refrigeranti personalizzati, e forte di un servizio di assistenza pre-vendita, che l'hanno portata alla collaborazione con i grandi gruppi della distribuzione inglese.

Nel 2008 avviene l'acquisizione di Eurocryor S.r.l., azienda costituita nel 1991 in provincia di padova, caratterizzata dalla produzione e commercializzazione di banchi frigoriferi tradizionali di alta gamma, a servizio assistito o a libero servizio, con soluzioni personalizzate e di design innovativo.

Nel 2011 viene acquistata un'altra società, Misa S.r.l., azienda italiana fondata nel 1969, orientata alla produzione di celle frigorifere commerciali e industriali, destinati ai settori della trasformazione e conservazione nell'agroalimentare.

Nel marzo del 2013 è entrata a far parte del Gruppo la società IARP S.r.l., costituita a Casale Monferrato nel 1983, società leader nella produzione di banchi frigoriferi a monte incorporato (plug-in). L'operazione ha lo scopo di creare un unico polo, a livello internazionale che, per dimensioni e capacità produttiva, possa far fronte alla sfida competitiva che i mercati di riferimento propongono.

Il Gruppo Epta è inoltre presente in diversi paesi nel mondo, attraverso società produttive, uffici commerciali e di rappresentanza e filiali.

Il Gruppo ha saputo capitalizzare una solida cultura industriale, attraverso l'integrazione e riorganizzazione dei suoi marchi storici, tutti leader nei rispettivi mercati di riferimento.

L'impegno e la passione di Epta sono sempre stati alla qualità dei servizi forniti e dei propri prodotti, che sono divenuti l'espressione di eccellenza, affidabilità e rispetto per l'ambiente.

#### **Timeline acquisizioni:**

1986 COSTANTAN (Epta Italia) → 1987 BONNET NÉVÉ (Epta France) → 1996 COSTAN MARKET (Epta Argentina) → 1997 BKT (Epta Deutschland) → 1999 GEORGE BARKER (Epta UK) → 2008 EUROCRYOR (Epta Italia) → 2011 MISA (Epta Italia) → 2013 PORTA NUOVA (Epta Pacifico SUR) → 2013 IARP (Epta Italia) → 2014 COLD SERVICE (Epta UK) → 2015 KNUDSEN KØLING (Denmark) → 2017 KING RICHARD SHOP SYSTEM INC (Epta Philippines) → 2017 LIBRE (Epta Polska) → 2019 DAAS (Epta Romania) → 2019 KYSOR WARREN (Epta US and Mexico) → 2019 SOFRICO (New Caledonia) → 2019 LINUS ECO (Epta Polska) → 2021 VPP (Epta Chile)

#### **Siti Produttivi: (11 unità)**

Limana (BL), Solesino (PD), Casale Monferrato (AL), Pomezia (RM), Hendaye (Francia), Corlu (Turchia), Qingdao (Cina), Cha-am (Tailandia), Columbus (Stati Uniti), Tlalnepantla (Messico), Rosario (Argentina).

#### **Epta Oggi:**

Epta è oggi un'azienda specializzata nella refrigerazione commerciale che vanta una posizione competitiva mondiale molto forte e ben bilanciata sia geograficamente sia nelle diverse aree di business grazie ai suoi marchi leader nei rispettivi segmenti di mercato della refrigerazione e alla sua capillare presenza garantita da più di 40 presidi tecnico-commerciali. Il Piano di sviluppo del Gruppo prevede una crescita dimensionale sia per linee interne che esterne. Tre gli assi portanti: acquisizioni di aziende complementari al core business del Gruppo, ingresso in nuovi Paesi e consolidamento delle partnership in essere.

### **Uno sguardo al futuro:**

In Epta, il principale obiettivo a lungo termine, condiviso a tutti i livelli aziendali, è supportare i clienti nel raggiungimento delle migliori performance, offrendo una consumer experience appagante con il minor impatto ambientale. Lavorano allo sviluppo di prodotti innovativi, servizi e processi che promuovono l'economia circolare e la sostenibilità ambientale, in linea con gli importanti obiettivi stabiliti dal green deal. Questo si traduce:

-in investimenti per introdurre ed implementare sistemi volti alla diminuzione dell'impatto ambientale degli stabilimenti di gruppo, per un utilizzo sempre più capillare di energie rinnovabili.

-nello sviluppo e nella realizzazione di soluzioni che utilizzano refrigeranti naturali e basso GWP (Global Warming Potential).



*Fig. 0.4 – Esempio di un layout di un supermercato*



# CAPITOLO 1

## 1.0 Certificazione CB

Il programma CB (Certification Body) è stato creato dalla IEC (International Electrotechnical Commission) con l'obiettivo di facilitare il commercio a livello internazionale, grazie all'accettazione condivisa di certificati e verbali di prove relativi ai dispositivi elettrici ed elettronici. Un dispositivo con la certificazione CB può essere venduto in tutti i paesi riconosciuti da IECEE CB senza ulteriori test o certificazioni, aprendo enormi opportunità di mercato.

Lo Schema IECEE CB è un accordo multilaterale tra Paesi aderenti e il relativo ente di certificazione nazionale, ed è supervisionato dall'IECEE (Commissione Elettrotecnica Internazionale per le Apparecchiature Elettriche). Oltre 50 Paesi hanno aderito allo schema CB, che è ampiamente riconosciuto anche in altri Paesi. Ogni Paese regola i prodotti elettrici ed elettronici tramite la propria certificazione nazionale e molti Paesi accettano come base il Certificato CB per l'ottenimento della certificazione obbligatoria locale. Lo schema CB consente l'ottenimento della certificazione obbligatoria locale (CE per l'Europa, UL/CSA per Stati Uniti e Canada, UKCA per il Regno Unito, RCM per l'Australia e Nuova Zelanda). Lo schema CB consente l'ottenimento più agevole delle certificazioni internazionali multiple da unico ente di prova certificato.

- Un unico punto di verifica dei prodotti per un accesso efficace e più celere al mercato globale
- Accettazione globale dei verbali di prova per un rilascio semplificato della certificazione nazionale nei Paesi aderenti allo schema CB
- Accettazione unilaterale dei verbali di prova in diversi paesi in via di sviluppo che ancora non hanno aderito allo schema CB.

### **Paesi che hanno aderito allo schema CB:**

Argentina, Austria, Australia, Bahrain, Bielorussia, Belgio, Brasile, Bulgaria, Canada, Cina, Cile, Colombia, Croazia, Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Finlandia, Grecia, Germania, Ungheria, India, Indonesia, Irlanda, Israele, Italia, Giappone, Kenya, Corea, Malesia, Messico, Olanda, Nuova Zelanda, Nigeria, Norvegia, Pakistan, Polonia, Portogallo, Russia, Arabia Saudita, Serbia, Singapore, Slovacchia, Slovenia, Sud Africa, Spagna, Svizzera, Tailandia, Turchia, Ucraina, Emirati Arabi, Regno Unito, USA e Vietnam.

### **Laboratorio CBTL**

Il CBTL (Certification Body Testing Laboratory) è un laboratorio qualificato IECCE, in grado di eseguire test locali per la conformità alle norme di sicurezza internazionali. I prodotti elettrici e/o elettronici vengono sottoposti a prove basate sugli standard IEC e anche sulle deviazioni nazionali.

È evidente che il fabbricante ottiene la certificazione CB sui propri prodotti ha la possibilità di commercializzare il proprio prodotto in una vastissima quantità di stati. Questa certificazione diventa un'opportunità irrinunciabile per ampliare il numero di clienti del fabbricante e aumentare l'esportazione dei propri prodotti.

**IEC:** è un'organizzazione globale, no profit, il cui lavoro è alla base di infrastrutture di qualità e commercio internazionale di prodotti elettrici ed elettronici. Il loro lavoro facilita l'innovazione tecnica, favorendo lo sviluppo di infrastrutture a prezzi più accessibili, un accesso efficiente e sostenibile all'energia, urbanizzazione smart e sistemi di trasporto, mitigazione del cambiamento climatico, e una crescita della sicurezza delle persone e dell'ambiente. L'IEC unisce assieme più di 170 Paesi e fornisce un globale, neutrale e indipendente piattaforma di standardizzazione a 20 000 esperti in tutto il mondo. Amministra 4 sistemi di valutazione della conformità i cui membri certificano che dispositivi, sistemi, installazioni, e persone funzionino come richiesto. L'IEC pubblica circa 10 000 IEC International Standards che, insieme alla valutazione della conformità, forniscono il quadro tecnico che consente ai governi di costruire infrastrutture nazionali di qualità e alle aziende di tutte le dimensioni di acquistare e vendere costantemente prodotti sicuri e affidabili nella maggior parte dei paesi del mondo. Gli standard internazionali IEC servono come base per la gestione del rischio e della qualità e vengono utilizzati nei test e nelle certificazioni per verificare che le promesse del produttore vengano mantenute.

**IECEE:** è il sistema IEC per la valutazione e conformità per attrezzatura e componentistica elettrotecnica, è un sistema di certificazione multilaterale basato sull' IEC International Standards. I suoi membri usano il mutuo riconoscimento del risultato dei test per ottenere la certificazione o l'approvazione ai livelli nazionali in tutto il mondo. Lo schema IECEE riguarda la sicurezza, la qualità, l'efficienza e le performance complessive dei dispositivi e attrezzature per la casa, uffici, officine, strutture sanitarie e molte altre. In tutto, l'IECEE ricopre 23 categorie di apparecchiature elettriche ed elettroniche e servizi di test.

## **1.1 Contenuto CB**

Il CB è un certificato di sicurezza elettrica di apparecchi elettrodomestici per uso commerciale o domestico. Per ottenere il certificato, il prodotto deve rispettare degli standard ben precisi, garantendo così, che quello specifico prodotto sia sicuro dal punto di vista elettrico e meccanico. Questi standard di sicurezza elettrica sono descritti nella ISO 60335-1: è la normativa che descrive tutte le prove e gli standard, che un elettrodomestico deve superare, per essere certificato CB ed essere sicuro elettricamente. Oltre alla normativa ISO 60335-1, in aggiunta deve essere rispettata anche la normativa ISO 60335-2-89, è un allegato specifico della stessa norma, che riguarda solamente gli apparecchi frigoriferi. Inoltre, vanno seguiti anche gli aggiornamenti, che verranno pubblicati, delle stesse norme che possono riportare

modifiche tecniche o variazioni. All'interno della norma sono presenti diversi paragrafi con diversi requisiti standard richiesti sul prodotto; se per quel necessario requisito viene richiesta una prova, allora all'interno della norma viene descritta anche la prova da effettuare all'interno del laboratorio dell'azienda produttrice o di terzi; se le prove sono molto specifiche viene fatto solo riferimento alle normative in cui è descritta la prova.

All'interno della normativa sono presenti 32 paragrafi più le appendici, ogni paragrafo tratta un macro-argomento e le sue relative prove:

1. Campo di applicazione
2. Riferimenti Normativi
3. Termini e definizioni
4. Prescrizioni generali
5. Condizioni generali per le prove
6. Classificazione
7. Marcatura e istruzioni
8. Protezione contro l'accesso a parti in tensione
9. Avviamento degli apparecchi a motore
10. Potenza e corrente
11. Riscaldamento
12. A disposizione
13. Corrente di dispersione e rigidità dielettrica alla temperatura di funzionamento
14. Sovratensioni transitorie
15. Resistenza all'umidità
16. Corrente di dispersione e rigidità dielettrica
17. Protezione contro il sovraccarico dei trasformatori e dei circuiti associati
18. Durata
19. Funzionamento anormale
20. Stabilità e pericoli meccanici
21. Resistenza meccanica
22. Costruzione
23. Cavi interni
24. Componenti
25. Collegamento alla rete e cavi flessibili esterni
26. Morsetti per cavi esterni
27. Disposizioni per la messa a terra
28. Viti e connessioni
29. Distanza di isolamento superficiali, distanze di isolamento in aria e distanze di isolamento solido
30. Resistenza al calore e al fuoco
31. Protezione contro la ruggine
32. Radiazioni tossiche e pericoli analoghi



I paragrafi della normativa evidenziati in verde sono quelli i cui test possono essere effettuati nel laboratorio interno all'azienda, mentre i paragrafi in nero contengono test, che non è possibile effettuare all'interno del laboratorio dell'azienda per mancanza di strumentazione o per mancanza di personale qualificato e istruito, che sappia condurre le prove. In entrambi i casi: prove svolte internamente e prove svolte esternamente, deve essere coinvolto un Ente Certificatore.

Il ruolo dell'ente certificatore è quello di:

- Supervisionare la prove/test sull'elettrodomestico
- Condurre le prove all'interno del laboratorio del cliente (se necessario) o dell'ente certificatore
- redigere i test report delle singole prove (se necessario)
- redigere il certificato di sicurezza elettrica CB
- rappresentare una terza parte, che non sia influenzato dall'esito delle prove e ne garantisca la attendibilità e l'imparzialità

Il ruolo dell'ente è fondamentale, senza di esso non potrebbe essere erogato il certificato e garantisce al consumatore, che acquista l'elettrodomestico di avere un prodotto sicuro. Anche nel caso in cui il cliente sia capace di condurre tutte le prove necessarie, all'interno del proprio laboratorio e sappia redigere tutti i test report, è necessaria la presenza di un ente certificatore per supervisionare il lavoro svolto e redigere il certificato CB.

L'obiettivo della nostra azienda è quello di migliorare i test di prestazione, che già vengono eseguiti all'interno del laboratorio ed eseguire nuovi test richiesti dalla normativa all'interno del laboratorio. L'effetto di queste azioni sarà:

- riduzione del costo del certificato
- maggior consapevolezza e preparazione sulla sicurezza elettrica
- anticipare i problemi relativi a un fallimento di uno dei test
- lavorare in modo più sinergico con l'ente certificazione
- velocizzare il processo di certificazione dell'elettrodomestico

Nel capitolo successivo verranno descritti i paragrafi i cui test vengono già effettuati all'interno del laboratorio dell'azienda, successivamente verranno presentati i paragrafi i cui test in futuro verranno eseguiti all'interno del laboratorio.

## **1.2 Protezione contro l'accesso a parti in tensione – Capitolo 8 della norma CEI EN 60335**

Il capitolo 8 descrive come devono essere costruiti e racchiusi gli apparecchi, in modo che sia assicurata una sufficiente protezione contro i contatti accidentali con parti in tensione. All'interno di questo capitolo vengono realizzate più prove, per verificare la protezione dalle parti in tensione:

**Paragrafo 8.1.1:** In questo paragrafo viene descritta la prima prova, quella più generica, per la protezione all'accesso a parti in tensione. La prova si effettua utilizzando la sonda di prova B e la sonda di prova 18 vengono applicate su tutte le superfici dell'apparecchio con una forza non superiore a 1N, con l'apparecchio posto in ogni posizione possibile e inoltre devono essere rimossi tutti gli elementi separabili (elementi che non necessitano di un utensile per essere rimossi). Le sonde di prova vengono applicate a qualsiasi profondità permessa e ruotata e piegata in avanti prima, dopo e durante l'inserimento. Se l'apertura non permette l'ingresso della sonda allora si deve aumentare la forza a 20 N per la sonda di tipo B o di 10 N quando si usa la sonda di tipo 18. Quando verrà utilizzata la sonda di prova 18, l'apparecchio dovrà essere completamente assemblato, come nell'uso normale senza rimuovere nessuna parte.



*Fig. 1.0 – Dito di Prova/Sonde di prova B (sinistra) e N° 18 (destra)*

**Paragrafo 8.1.2:** In questo paragrafo viene descritta la seconda prova, che viene eseguita con la sonda di prova N° 13, come in precedenza viene applicata una forza non superiore a 1 N attraverso le aperture. La sonda di prova viene anche applicata attraverso le aperture di involucri metallici messi a terra con un rivestimento non conduttivo come smalto o vernice.



*Fig. 1.1 – Sonda di prova N°11*

In entrambe le prove non deve essere possibile toccare parti in tensione con le relative sonde di prova.

**Paragrafo 8.1.4:** Una parte accessibile non viene considerata tale se essa viene alimentata con una bassissima tensione di alimentazione, rispettando uno dei seguenti casi:

- in caso di corrente alternata, il valore di picco della tensione non deve superare i 42,4 V
- in caso di corrente continua, la tensione non deve superare il 42,4 V

Una volta eseguite le prove è possibile compilare i test report, nel quale verranno inserite le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number),
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (8.1.1, 8.1.2, 8.1.4),
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità),
- strumento utilizzato (sonde di prova B, N°18, N°13) e relativo codice,
- foto che dimostrano l'impossibilità dell'accesso a parti in tensione
- valori della tensione misurati tra la sonda e la parte
- il risultato della prova: **PASS** o **FAIL**

### 1.3 Prova sulla Potenza e Corrente – Capitolo 10 della norma CEI EN 60335

Nel capitolo 10 della normativa viene trattato il consumo dell'apparecchio; quindi, vengono eseguite le misurazioni della potenza e della corrente, in base alle misure rilevate, successivamente verranno dichiarati nella targa dati del prodotto. Quindi nei dati dell'apparecchio verranno inserite la potenza nominale, la tensione nominale e la corrente nominale.

#### Potenza

**Paragrafo 10.1** La misurazione della potenza nominale deve essere rilevata con un certo grado di errore massimo ammissibile, lo scarto ammissibile viene descritto nella seguente Tabella 1 in Fig 0.1

Tipo di apparecchio	Potenza nominale W	Scarto
Tutti gli apparecchi	≤ 25	20%
Apparecchi di riscaldamento e apparecchi combinati	> 25 o ≤ 200	± 10 %
	> 200	+ 5 % o 20 W (si sceglie il valore più grande) -10%
Apparecchi che funzionano a motore	> 25 e ≤ 300	20%
	> 300	15 % o 60 W (si sceglie il valore più grande)

Fig. 1.2 Tabella 1 dello Scarto della Potenza

La sezione in cui ricade il nostro banco frigorifero è quella degli: **Apparecchi di riscaldamento e apparecchi combinati** la norma dice inoltre che “lo scarto degli apparecchi a motore si applica anche agli apparecchi combinati se la potenza dei motori è superiore al 50% della potenza nominale”, siccome il banco frigorifero ricade in questa categoria verrà utilizzato nella tabella lo scarto degli **Apparecchi che funzionano a motore**, quindi il consumo del prodotto è  $> 300 \text{ W}$  lo scarto dovrà essere di +15% del valore letto o 60 W e tra le due opzioni si sceglie il valore più grande tra i due.

Sfortunatamente le richieste sulla misurazione della potenza non si concludono qui, perché la maggior parte dei banchi frigoriferi possiede delle resistenze il cui compito è quello di eliminare il ghiaccio che si accumula sul condensatore, queste resistenze si attivano e sciolgono il ghiaccio che si è formato. Le resistenze hanno un consumo elevato, maggiore del consumo nominale del frigorifero (es. Potenza Nominale Frigorifero 400 W Potenza massima resistenze 1600 W); come è possibile vedere dall'esempio le resistenze consumano 3 volte in più di quello che viene consumato dalla potenza nominale. Ovviamente non ricade nello scarto della Tabella 1 Fig 0.1 quindi secondo la normativa EN 60335-2-89 si dovrà effettuare un'altra misurazione per stabilire la potenza nominale delle resistenze, lo scarto che si dovrà utilizzare è quello per gli **Apparecchi di riscaldamento**, ovvero + 5% o 20 W. Per calcolare la potenza nominale del sistema di sbrinamento si calcola la media sul periodo di funzionamento delle resistenze, con un intervallo di acquisizione non superiore ai 30 secondi.

## Corrente

**Paragrafo 10.2** Anche le misurazioni della corrente devono essere rilevate con un certo grado di errore massimo ammissibile, lo scarto ammissibile viene descritto nella seguente Tabella 2 Fig 0.2

Tipo di apparecchio	Corrente nominale A	Scarto
<b>Tutti gli apparecchi</b>	$> 0,2 \text{ e } \leq 1,0$	20%
<b>Apparecchi di riscaldamento e apparecchi combinati</b>	$> 1,0$	$\pm 10 \%$
	$> 1,0$	+ 5 % o 0,10 A (si sceglie il valore più grande) -10%
<b>Apparecchi che funzionano a motore</b>	$> 0,2 \text{ e } \leq 1,5$	20%
	$> 1,5$	+ 15 % o 0,30 A (si sceglie il valore più grande)

Fig. 1.3 Tabella dello Scarto della Corrente

La sezione in cui ricade il nostro frigorifero come abbiamo visto in precedenza è quella degli **Apparecchi che funzionano a motore** poiché la potenza dei motori è superiore al 50% della potenza totale del banco

frigorifero allora si ricade nella categoria di apparecchi che funzionano a motore, nello specifico se la corrente nominale è maggiore di  $> 1,5$  A lo scarto dovrà essere di  $+15\%$  del valore nominale o  $0,30$  A (si sceglie il valore più grande tra i due). Per il calcolo della corrente del sistema di sbrinamento si applica lo scarto per gli **Apparecchi di riscaldamento e apparecchi combinati** quindi,  $+5\%$  o  $0,10$  A; quando le resistenze sono attive si misura il valore massimo della corrente di sbrinamento mediata su un periodo di  $5$  min.

A questo punto che si conoscono le specifiche richieste dalla normativa si possono avviare i test per determinare la potenza nominale e la corrente nominale. Quindi il banco frigorifero viene posto nella sala climatica dove verranno eseguiti i test alla temperatura e all'umidità richiesta. Il banco frigorifero verrà testato per vari giorni e per ogni giorno di essi verranno acquisiti tutti i dati del banco frigorifero (temperatura, pressione, corrente, potenza, ecc.). La Norma richiede di effettuare la prova con il banco frigo in condizioni nominali, escludendo i consumi durante l'avvio, l'apparecchio verrà fatto funzionare per  $1$  h sia i valori della corrente sia i valori della potenza verranno mediati su un periodo di  $5$  min con un campionamento non superiore ai  $30$  secondi. Con i dati acquisiti dagli strumenti, si potrà così ottenere la media della potenza e della corrente consumata dal banco frigorifero, che verranno poi inserite nelle specifiche tecniche del prodotto e nella targa dati. La targa dati è ciò che il costruttore dichiara come consumo di quello specifico prodotto, verrà applicata un'etichetta all'interno del banco frigorifero su cui sono indicati la potenza nominale del banco e la potenza nominale del sistema di sbrinamento.

## 1.4 Prova sul Riscaldamento – Capitolo 11 della norma CEI EN 60335

Secondo il capitolo 11 della normativa CEI EN 60335, “gli apparecchi e l'ambiente circostante non devono raggiungere temperature eccessive nell'uso normale” ; la conformità a questa prova si effettua determinando le sovratemperature alle condizioni richieste dalla normativa. L'apparecchio viene posto a terra o su un ripiano, come in una normale posizione d'uso, se è previsto che ai lati dell'apparecchio ci sia una parete allora verrà posizionato un pannello per simulare la posizione d'uso; se è previsto che l'apparecchio debba essere alimentato, allora verrà collegato alla spina della corrente. Le sovratemperature sono determinate a mezzo di termocoppie con filo sottile poste in modo da avere la minima influenza sulla temperatura delle parti in prova, nei limiti del possibile l'apparecchio viene posto in modo che le termocoppie rilevino le temperature più elevate.

**Condizioni di funzionamento:** Siccome i banchi frigoriferi rientrano tra gli apparecchi combinati, poiché sono presenti sia motori che resistenze elettriche; nelle condizioni di funzionamento normale l'apparecchio viene alimentato a una tensione più sfavorevole compresa tra  $0,94$  e  $1,06$  volte la tensione nominale. Per le prove la temperatura della sala climatica viene impostata a  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , in questo caso la prova richiede una temperatura specifica di  $32^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Durante la prova non devono intervenire dispositivi di protezione, ma è permesso che vengano mantenuti in funzione circuiti elettrici di protezione, come ad esempio inverter.

**Posizionamento delle sonde:** Le termocoppie vengono posizionate in tutti i punti più critici dei componenti elettrici presenti nell'apparecchio: spine, morsetti di terra, interruttori, termostati, guaine isolanti per cavi di alimentazione, guaine aggiuntive sui cavi, contatti striscianti, gomma diversa da quella sintetica, portalamпада, supporti in legno, superficie esterna condensatori, involucri esterni degli apparecchi a motore. Nello specifico caso del frigorifero oltre a verificare la temperatura dei componenti sopra elencati, sarà necessario posizionare una termocoppia anche sui seguenti componenti: spina di alimentazione, morsetti, ambiente di cablaggio, relè del compressore, alimentatore led, ambiente del controllore elettronico, compressore, ventole del condensatore, ventole dell'evaporatore, serbatoio interno (facoltativo), pannello posteriore, resistenze di sbrinamento. Per ogni singolo componente riportato qui sopra c'è uno specifico limite di temperatura, che viene riportato nella Tabella 3 al capitolo 11 (Riscaldamento) della CEI EN 60335-1, lì vengono indicati tutti i valori massimi ammissibili delle temperature per ogni tipologia di componente.

La temperatura degli avvolgimenti elettrici come, ad esempio: l'alimentatore o l'avvolgimento del motore del compressore, i motori delle ventole, i relè; non è possibile ricavare direttamente la temperatura attraverso una termocoppia, ma viene utilizzata la seguente formula:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \cdot (k + t_1) - (t_2 - t_1)$$

*Formula per il calcolo della sovratemperatura degli avvolgimenti*

Dove:  $\Delta t$  è la sovratemperatura dell'avvolgimento,  $R_1$  è la resistenza all'inizio della prova,  $R_2$  è la resistenza al termine della prova,  $k$  è uguale a 225 per avvolgimenti in rame/alluminio con contenuto di alluminio  $\geq 85\%$ , è uguale a 229,75 per avvolgimenti in rame/alluminio con contenuto di rame tra  $> 15\%$  e  $< 85\%$ , 234,5 per avvolgimenti rame/alluminio con contenuto di rame  $\geq 85\%$ ,  $t_1$  è la temperatura ambiente all'inizio della prova,  $t_2$  è la temperatura ambiente al termine della prova. Tuttavia, questo calcolo non viene eseguito se disponiamo del certificato di sicurezza elettrica del componente (alimentatore o compressore) che viene montato nell'apparecchio frigorifero. Il possesso del certificato di sicurezza ci dà la presunzione di conformità alla relativa norma e quindi durante il test di riscaldamento non sarà necessario monitorare le sovratemperature di quello specifico componente, o se vengono monitorate è solo avere un riferimento della temperatura di quel componente; infatti, come è possibile vedere nel test report riportato qui in basso, viene misurata la temperatura di riferimento, ma non verranno aperte non conformità su quella specifica misura.

Una volta effettuato il test si può procedere con la compilazione del test report, nel quale verranno inserite le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number),
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo,
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità),
- strumento utilizzato e relativo codice

- misure effettuate durante il test
- il risultato **PASS** o **FAIL**

Qui sotto si riporta un esempio di test report sulla prova riscaldamento, dove vengono elencati gli strumenti utilizzati e le misure realizzate sui componenti.

APPLIANCE		
REPORT PREPARED BY	L. Bertiglia	Epta S.p.A.
TEST DATE	15/03/2023 10:00	
APPLIANCE MODEL	<b>MAMBO NEXT 125</b>	
SERIAL NUMBER	CA33782	
REFERENCE	IEC 60335-1; IEC 60335-2-89 § Clause 11.8	

CONDITIONS		
TEMPERATURE	33,0	°C
SUPPLY VOLTAGE (1,06 x Vnom)	253,8	V

INSTRUMENT DATA				
INSTRUMENT	MANUFACTURER	MODEL	S/N	Lab ID
Thermocouples T	Tersid	TEX/TEX-30-TT	X133196	0086
Pressure Transducer	Delta Ohm	TP 704	/	0051 A
Pressure Transducer	Delta Ohm	TP 704	/	0051 B
Climatic Room	Kooltech	C2	/	-
Digital Data Logger	C2 P2	N/A	/	0090

HEATING - RESULTS			PASS
Thermocouple Locations	MAX Temperature	MAX Temp. Rise Measured $\Delta T$	MAX temp. Rise limit $\Delta T$
Plug	42,0 K	9,0 K	50 K
Terminal Block	41,4 K	8,4 K	50 K
Ambient of Wirings	46,2 K	13,2 K	50 K
Compressor Relay	56,0 K	23,0 K	38 K
LED Power Supply	52,5 K	19,5 K	38 K
Electronic Controller (Ambient)	49,1 K	16,1 K	28 K
LED Bar	28,0 K	For reference	For reference
Compressor	83,0 K	For reference	For reference
Condenser Fan - Right	49,2 K	16,2 K	23 K
Condenser Fan - Left	49,1 K	16,1 K	23 K
Evaporator Fan - Right	12,6 K	7,5 K	53 K
Evaporator Fan - Left	12,4 K	7,3 K	53 K

Inner Tank	5,1 K	For reference	For reference
Back Panel	34,1 K	1,1 K	50 K

Fig. 1.4 – Esempio di Test Report, Prova di Riscaldamento

## 1.5 Stabilità e pericoli meccanici – Capitolo 20 della norma CEI EN 60335

Il capitolo 20 della normativa EN 60335-1, riguarda le prove di stabilità e pericoli meccanici, gli apparecchi installati in posizione fissa previsti per essere utilizzati su una superficie, quale il pavimento o il piano di lavoro devono avere una stabilità adeguata. La conformità a questo capitolo si verifica mediante la seguente prova, che riguarda gli apparecchi plug-in dotati di presa di alimentazione. La prova è molto semplice: l'apparecchio, non collegato alla rete di alimentazione, viene posto su un piano inclinato di 5° in una qualsiasi normale posizione d'uso, da questa posizione l'apparecchio non deve rovesciarsi. La prova deve essere eseguita nella posizione più sfavorevole, quindi se il banco frigorifero è provvisto di porte, allora dovranno essere aperte verso la parte bassa del piano inclinato dove esso è stato posto.

**Costruzione della rampa:** La complessità della prova è molto bassa, l'unica cosa necessaria per effettuare la prova è una rampa con l'inclinazione di 5°. Per la costruzione della rampa è stato richiesto all'ufficio dei progettisti di creare un progetto dedicato con pochi semplici requisiti: inclinazione di 5°, deve sopportare un peso di 300kg e deve essere lunga 4 metri in modo da contenere il banco frigorifero più lungo disponibile in offerta. Successivamente sono stati tagliati i pannelli di compensato e assemblati seguendo i disegni del progetto e infine è stata provata ponendo un banco frigorifero al di sopra di essa.



Fig. 1.5 – Rampa con inclinazione di 5°



Come è possibile vedere nell'immagine soprastante, il test viene eseguito con rampa posta a terra e il banco frigorifero sopra di essa, tutti gli elementi che possono sbilanciare l'apparecchio sono posti nella posizione più sfavorevole, come ad esempio le porte devono essere in posizione aperta, se l'apparecchio resta stabile e non si rovescia il test viene considerato passato. Una volta effettuato il test si può procedere con la compilazione del test report, nel quale verranno inserite le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number),
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo,
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità),
- strumento utilizzato e relativo codice
- foto dell'apparecchio durante il test
- il risultato **PASS** o **FAIL**

## 1.6 Resistenza meccanica – Capitolo 21 della norma CEI EN 60335

**Paragrafo 21.1** Il capitolo 21 della normativa EN 60335-1, riguarda le prove di resistenza meccanica anche dette “impact test”; gli apparecchi devono avere una resistenza meccanica adeguata ed essere costruiti in modo da sopportare i trattamenti senza cura che si possono verificare nell'uso normale. La conformità di questa prova si ottiene applicando dei colpi all'apparecchio con il martello a molla: i colpi vengono eseguiti su ogni punto dell'involucro esterno della struttura che potrebbe rivelarsi debole, i colpi vengono ripetuti su ogni punto per 3 volte con un'energia di impatto pari a 0,5 J. I colpi vengono applicati anche a:

- manici, leve, manopole e parti simili che fuoriescono dall'involucro per più di 10 mm
- lampade all'interno dell'apparecchio che possono essere accessibili agli utilizzatori

Per quanto riguarda i pannelli in vetro accessibili che forniscono l'isolamento agli elementi riscaldanti ausiliari, vengono applicati 3 colpi in tutti i punti del pannello con un'energia di impatto pari a  $2,00 \text{ J} \pm 0,05 \text{ J}$ , mentre per gli altri pannelli in vetro accessibili l'energia di impatto deve essere di  $1,00 \text{ J} \pm 0,05 \text{ J}$ .

**Acquisto:** La complessità di questa prova è molto bassa quindi per poter realizzare la prova correttamente è stato sufficiente acquistare il martello a molla con cui effettuare il test. Come è stato descritto in precedenza le energie di impatto necessarie per il test sono le seguenti: 0,5 J - 1,00 J - 2,00 J; quindi, era necessario acquistare un martello a molla con un range che includesse tutte e tre le energie di impatto. Purtroppo, il fornitore che è stato contattato non offriva un martello a molla con il range richiesto, quindi la soluzione è stata comprare due martelli a molla: uno con energia di impatto variabile da  $0,20 \text{ J} \pm 0,02 \text{ J}$  a  $1,00 \text{ J} \pm 0,05 \text{ J}$  e un secondo con energia di impatto fissa a  $2,0 \text{ J} \pm 0,10 \text{ J}$ .



*Fig. 1.6 – Martelli a molla con energia di impatto variabile (sinistra) e con energia di impatto fissa (destra)*

L'utilizzo di questi martelli è molto semplice, vengono posizionati a contatto con la superficie che deve essere testata, viene caricata la molla tirando l'impugnatura sferica nera e successivamente si rilascia il colpo facendo attenzione a tenere saldamente in mano il martello. Una volta eseguito il test si verifica visivamente, che tutte le parti testate non siano state danneggiate, non si terrà conto dei danni: alla verniciatura, a piccole ammaccature che non riducano le distanze di isolamento in aria, a piccole sbrecciature che non compromettono la protezione contro l'accesso alle parti in tensione, nel caso di coperchi decorativi non si tiene conto della rottura dello stesso, purché il coperchio interno resista alla prova. Se ci sono dubbi sul fatto che il difetto sia stato causato dall'applicazione dei colpi, tale difetto non viene considerato e viene eseguito un nuovo test su un nuovo campione sullo stesso punto che dovrà superare la prova. Dopo aver verificato che non ci siano danni all'apparecchio è possibile compilare il test report sulla prova, nel quale verranno inserite le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number),
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (21.1),
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità),
- strumenti utilizzati, i codici degli strumenti utilizzati,
- il campione su cui viene eseguito l'impact test
- il numero di ripetizioni del test
- l'energia di impatto applicata
- il risultato **PASS** o **FAIL**

APPLIANCE		
REPORT PREPARED BY	L. Bertiglia	Epta S.p.A.
TEST DATE	15/03/2023 10:00	
APPLIANCE MODEL	<b>MAMBO NEXT 125</b>	
SERIAL NUMBER	CA33782	
REFERENCE	IEC 60335-1; IEC 60335-2-89 § Clause 11.8	

CONDITIONS		
TEMPERATURE	33,0	°C
SUPPLY VOLTAGE (1,06 x Vnom)	253,8	V

INSTRUMENT DATA				
INSTRUMENT	MANUFACTURER	MODEL	S/N	Lab ID
Thermocouples T	Tersid	TEX/TEX-30-TT	X133196	0086
Pressure Transducer	Delta Ohm	TP 704	/	0051 A
Pressure Transducer	Delta Ohm	TP 704	/	0051 B
Climatic Room	Kooltech	C2	/	-
Digital Data Logger	C2 P2	N/A	/	0090

HEATING - RESULTS			PASS
Thermocouple Locations	MAX Temperature	MAX Temp. Rise Measured $\Delta T$	MAX temp. Rise limit $\Delta T$
Plug	42,0 K	9,0 K	50 K
Terminal Block	41,4 K	8,4 K	50 K
Ambient of Wirings	46,2 K	13,2 K	50 K
Compressor Relay	56,0 K	23,0 K	38 K
LED Power Supply	52,5 K	19,5 K	38 K
Electronic Controller (Ambient)	49,1 K	16,1 K	28 K
LED Bar	28,0 K	For reference	For reference
Compressor	83,0 K	For reference	For reference
Condenser Fan - Right	49,2 K	16,2 K	23 K
Condenser Fan - Left	49,1 K	16,1 K	23 K
Evaporator Fan - Right	12,6 K	7,5 K	53 K
Evaporator Fan - Left	12,4 K	7,3 K	53 K
Inner Tank	5,1 K	For reference	For reference
Back Panel	34,1 K	1,1 K	50 K

Fig. 1.7 – Esempio di Test Report, Impact Test

Il martello a molla in quanto strumento deve essere conservato nell'apposito armadio dedicato alla strumentazione ed etichettato con un codice identificativo e la data dell'ultima taratura, inoltre dovrà essere mandato una volta l'anno in un laboratorio certificato ISO 17025 per la taratura, queste sono le azioni necessarie per avere una strumentazione in regola per poter effettuare i test come richiede la normativa. A questo punto se tutto è stato eseguito correttamente è possibile archiviare il test report e successivamente utilizzarlo per la compilazione del certificato di sicurezza elettrica CB.

**Paragrafo 21.102:** Il paragrafo 21.102 della normativa EN 60335-1, riguarda le prove di resistenza meccanica a flessione, la prova si effettua su tutti i ripiani del banco frigorifero e ci sono due tipologie di prova. La 1° prova richiede che ogni ripiano sia caricato uniformemente con un rapporto peso/superficie di  $25 \text{ kg/m}^2$  per un periodo di 1 h e lo spostamento (la freccia) massimo misurato deve essere inferiore ai 3 mm/m (questa viene considerata la prova di caricamento ordinario); la 2° prova richiede che ogni ripiano sia caricato uniformemente con un rapporto peso/superficie di  $230 \text{ kg/m}^2$  per un periodo di 1 h, in questo caso non si misura lo spostamento del ripiano, ma si verifica che non siano verificati segni di danneggiamento come ad esempio: snervamento del materiale metallico.

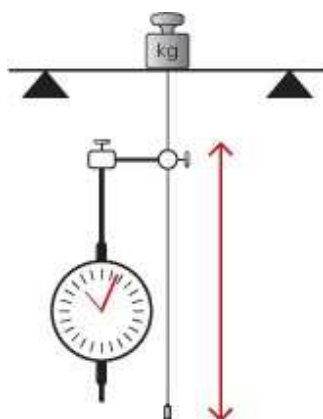


*Fig. 1.8 – Prova di carico  $25 \text{ kg/m}^2$*



*Fig. 1.9 – Prova di carico  $230 \text{ kg/m}^2$*

Per effettuare la seguente prova sono necessari i seguenti strumenti: pesi cilindrici in metallo, bilancia, flessimetro, cronometro; i pesi non devono avere una massa specifica, ma devono permetterci di porre il peso corretto su ogni ripiano; quindi, è necessario avere pesi con masse differenti. Per quanto riguarda la bilancia non è richiesta una particolare precisione, ma si richiede che sia tarata periodicamente da un laboratorio esterno; lo strumento che richiede più attenzione è sicuramente il flessimetro centesimale per collaudi, che ci permette di calcolare la freccia del ripiano sottoposto al test. Il funzionamento del flessimetro è il seguente: si assembla lo strumento e lo si vincola a terra o a un tubo fisso che non fa parte dell'apparecchio, si vincola il filo al ripiano nel punto più distante dal vincolo (o punto di aggancio del ripiano), mentre all'altro estremo del filo viene collegato un piombino in modo che il filo sia ben teso (vedi Fig. 1.10)



*Fig. 1.10 – Modalità di utilizzo del flessimetro centesimale*

Al filo teso viene collegato meccanicamente il comparatore centesimale e viene fatto lo zero pezzo; ora che è tutto collegato correttamente è possibile caricare il ripiano con pesi necessari, avvalendoci della bilancia. Una volta concluso il caricamento è possibile far partire il cronometro e iniziare la prova, al

termine dell'ora si andrà a leggere, dal display analogico del comparatore centesimale, lo spostamento (freccia) del ripiano per verificare, che esso sia rimasto sotto i 3mm/m di flessione. Una volta conclusa la prova è possibile compilare il test report inserendo i seguenti dati:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number),
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (21.102),
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità),
- strumenti utilizzati (pesi, bilancia, flessimetro, cronometro), i codici degli strumenti utilizzati,
- i ripiani su cui viene eseguito il test di resistenza a flessione
- il peso applicato un ogni singolo ripiano
- lo spostamento massimo dei ripiani alla fine del 1° test
- la foto dei ripiani non danneggiati alla fine del 2° test
- il risultato **PASS** o **FAIL**

Gli strumenti come: la bilancia, il flessimetro e il cronometro; devono essere conservati nell'apposito armadio dedicato alla strumentazione ed etichettati con un codice identificativo e la data dell'ultima taratura, inoltre dovranno essere mandati una volta l'anno in un laboratorio certificato ISO 17025 per la taratura, queste sono le azioni necessarie per avere una strumentazione in regola per poter effettuare i test come richiesto dalla normativa.

## 1.7 Costruzione – Capitolo 22 della norma CEI EN 60335

Il capitolo 22 della normativa EN 60335-1, riguarda le prove di costruzione, che racchiude al suo interno numerosi paragrafi con relative prove e verifiche (più di 50), alcuni di questi paragrafi sono delle indicazioni da seguire per la corretta progettazione di un apparecchio elettrico, mentre altre richiedono di eseguire un vero e proprio test per verificarne la sicurezza. A causa della grande quantità di paragrafi verranno considerati solo quelli che richiedono di eseguire una prova con della strumentazione specifica e successivamente dovrà essere generato un test report sulla stessa prova, che è stata eseguita.

**Paragrafo 22.5:** Il suddetto paragrafo riguarda il rischio scosse elettriche dovute al contatto con la spina di alimentazione; le scosse elettriche possono formarsi poiché all'interno del prodotto sono presenti dei condensatori (con capacità superiore a 0,1 $\mu$ F) o induttori mantengono una tensione residua anche dopo che la spina di alimentazione è stata staccata. Ora la normativa non ci richiede il calcolo del tempo caratteristico della caduta di corrente, dovuta alla presenza di questi elementi del circuito elettrico, ma richiede un test più semplice descritto qui in seguito. Il test per la conformità a questo paragrafo si ottiene alimentando l'apparecchio a tensione nominale e mantenendo qualsiasi interruttore del circuito elettrico del banco frigorifero in posizione di spento. Successivamente si scollega l'apparecchio dalla rete di alimentazione, un secondo dopo la disconnessione, si misura la tensione residua sugli spinotti della spina

per mezzo di un multimetro con una sensibilità adeguata, o meglio si utilizza un oscilloscopio. Per ritenere la prova superata la tensione misurata dal multimetro deve essere inferiore a 34 Volt; quindi, la prova necessita l'utilizzo di un multimetro o un oscilloscopio, che secondo la ISO17025 dovrà essere registrato tra gli strumenti del laboratorio etichettato con un codice univoco e tarato periodicamente. Una volta conclusa la prova, è possibile compilare il test report, nel quale verranno inserite le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number)
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (22,5)
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità)
- lo strumento utilizzato (multimetro), i codici degli strumenti utilizzati
- il campione della spina di alimentazione su cui viene eseguito il test
- il valore della tensione letto dal multimetro
- il risultato **PASS** o **FAIL**

**Paragrafo 22.7:** Il suddetto paragrafo riguarda la resistenza di circuiti frigoriferi posti sotto pressione, la prova deve essere eseguita su tutto il circuito frigorifero: evaporatore, condensatore, circuito necessario per collegare il compressore, circuito necessario per collegare la valvola di laminazione agli scambiatori. Ci sono due pressioni che devono essere calcolate nel seguente modo a seconda che il circuito sia esposto ad alte pressioni (condensatore) piuttosto che basse pressioni (evaporatore):

- una pressione pari a 3,5 volte la pressione di vapore saturo del fluido frigorifero a 70°C (alte pressioni)
- una pressione pari a 5 volte la pressione di vapore saturo del fluido frigorifero a 20°C (basse pressioni)

Il calcolo risulta semplice è sufficiente leggere nel diagramma Pressione-Entalpia del fluido refrigerante R290: come è possibile vedere dal diagramma, siccome si richiede la pressione del vapore saturo ci poniamo esattamente sulla linea della campana più precisamente sulla parte destra, sulla linea dei 70°C, da lì tracciamo una linea retta che ci permetterà di leggere la pressione in bar richiesta  $P = 26$  [bar], mentre con il secondo metodo si traccia una linea all'altezza dei 20°C che ci permetterà di leggere la pressione di  $P = 8,5$  [bar]; le pressioni moltiplicate per i relativi coefficienti, sono le seguenti:

- $P_1 = 26 \cdot 3,5 = 91$  [bar] (per parti esposte ad alta pressione)
- $P_2 = 8,5 \cdot 5 = 42,5$  [bar] (per parti esposte a bassa pressione)

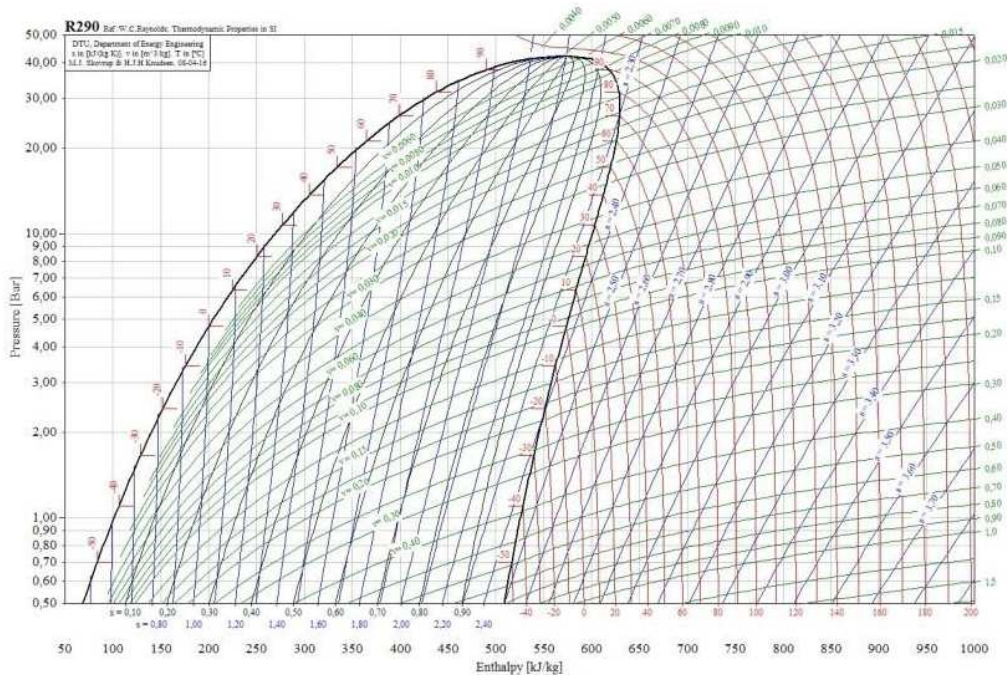


Fig. 1.11 – Diagramma Pressione/Entalpia del refrigerante R290

Ora che conosciamo le pressioni è possibile realizzare il test: il circuito deve essere sottoposto alla pressione che viene aumentata gradualmente fino a raggiungere la pressione di prova richiesta, la pressione deve essere mantenuta per 1 minuto, se non si verificano perdite, la prova viene considerata superata. Per verificare che non ci siano perdite durante la prova è sufficiente, verificare dal manometro dell'unità di controllo, che non si presentino cali di pressione. Il fluido che viene utilizzato per mettere in pressione il circuito può essere indistintamente aria o acqua.

La strumentazione necessaria per realizzare la prova è: un cronometro e l'unità di pressurizzazione e controllo, questi strumenti dovranno essere identificati, codificati tramite un'etichetta, e tarati periodicamente. Una volta eseguito e superato il test è possibile iniziare la compilazione del test report, in cui verranno inseriti i seguenti dati:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number)
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (22,7)
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità)
- gli strumenti utilizzati (cronometro, unità di pressurizzazione), i codici degli strumenti utilizzati
- la componentistica (condensatore, evaporatore) su cui viene eseguito il test
- il valore della pressione letto dal manometro
- il risultato **PASS** o **FAIL**





*Fig. 1.12 – Strumento di pressurizzazione, test sull'condensatore*

**Paragrafo 22.11 – Elementi non separabili che proteggono l'accesso a parti in tensione:** Il paragrafo 22.11 riguarda tutte le parti mobili che possono essere smontate dall'apparecchio e che proteggono dall'accesso a parti in tensione. La prova viene applicata a tutte le parti che possono essere o meno fissate da viti e prima di effettuare la prova, le parti coinvolte vengono smontate e rimontate almeno 10 volte. Le forze che verranno applicate sulle parti avranno una durata di 10 s, senza effettuare strappi, saranno di due tipologie:

- se è una forza di spinta si applicheranno 50 N
- se è una forza di trazione, si applicheranno 50 N se la parte è facilmente afferrabile, mentre si applicheranno 30 N se la parte afferrata non è di lunghezza superiore ai 10 mm

Per la forza di spinta viene applicata la sonda di prova 11, mentre per la forza di trazione viene applicata una ventosa che a sua volta viene tirata da un dinamometro. Contemporaneamente all'applicazione di queste forze, viene inserita nelle aperture l'unghia del dito di prova con una forza non superiore ai 10 N, L'unghia del dito di prova viene fatta scorrere all'interno della fessura per verificare, che non entri in contatto con parti in tensione. La conformità a questa prova si ottiene verificando, che applicando le forze descritte sopra non si staccino parti e rimangano in posizione di blocco o che il dito di prova non raggiunga parti in tensione. Una volta completate le prove è possibile compilare il test report, che riporterà le seguenti informazioni:

- la data di esecuzione del test
- il nome dell'apparecchio e il codice identificativo dell'apparecchio (serial number)
- le normative di riferimento del test e lo specifico paragrafo (22,11)
- le condizioni ambientali (temperatura e umidità)

- gli strumenti utilizzati (sonda di prova N°11, dinamometro, unghia del dito di prova), i codici degli strumenti utilizzati
- parti su cui viene eseguito il test (sportelli, paratie, vani)
- foto che dimostrano che le parti restino in posizione di blocco
- il risultato **PASS** o **FAIL**

La strumentazione necessaria per effettuare la prova è la seguente: sonda di prova N°11, ventosa, dinamometro a trazione, unghia del dito di prova; questi strumenti dovranno essere etichettati, periodicamente tarati e conservati nell'armadio dedicato alla strumentazione.

## CAPITOLO 2

### 2.0 Certificazione Customers Testing Facilities (CTF)

Il programma CTF (Customer Testing Facility), stabilito dall'IECEE permette di qualificare il laboratorio interno del fabbricante al fine di eseguire le prove e ottenere la Certificazione CB. Il programma CTF prevede 4 fasi di formazione e assistenza per personale tecnico del costruttore, da parte del laboratorio CBTL e/o NCB (National Certification Body):

- CTF 1. Il laboratorio CBTL esegue le prove complete, presso la sede del fabbricante;
- CTF 2. Il personale tecnico del fabbricante svolgerà le prove sotto il controllo completo del CBTL/NCB;
- CTF 3. Il personale qualificato svolgerà le prove sotto il controllo parziale del laboratorio CBTL/NCB;
- CTF 4. Tutti i test verranno condotti autonomamente del personale tecnico interno dell'azienda; il laboratorio CBTL/NCB deciderà quali test supervisionare.

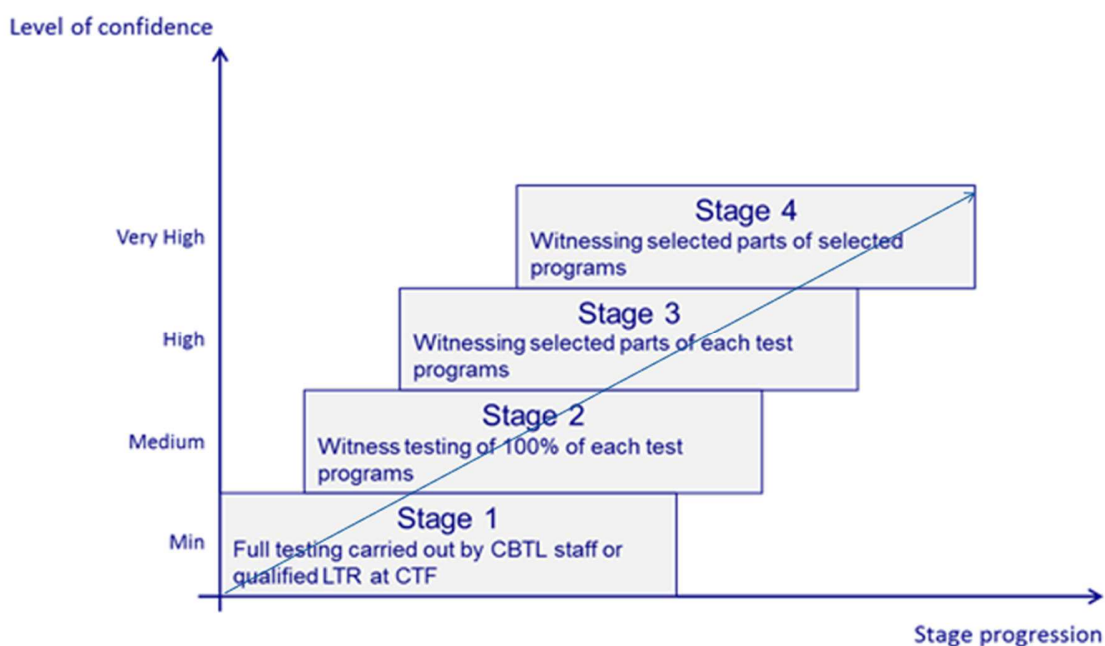


Fig. 2.0 Grafico esemplificativo dei vari stadi della CTF e livello di confidenza ottenuto dal laboratorio

Principali vantaggi del programma CTF per il fabbricante:

- Maggiore autonomia
- Tempi di esecuzione delle prove più rapidi
- Ottimizzazione dei costi
- Qualifica del laboratorio interno presso IECEE
- Formazione del personale tecnico all'interno dell'azienda

## 2.1 UNI CEI EN ISO/IEC 17025

Al fine di superare il programma CTF (Customer Testing Facility) per poter certificare internamente i banchi frigoriferi con la certificazione CB, è fondamentale seguire la normativa ISO/IEC 17025 che ha come titolo: “Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura”. La normativa descrive tutti i requisiti che un laboratorio deve avere per la CTF (Customer Testing Facility): strumentazione, metodologie, organizzazione, validazione, registrazione dei dati ecc. Come è stato illustrato precedentemente ci sono 4 differenti fasi nella CTF: per completare una fase della CTF andranno rispettati dal laboratorio alcuni capitoli della normativa ISO/IEC 17025; Se il laboratorio volesse ottenere la CTF 4, ovvero l'ultimo stadio, ovviamente dovrebbe soddisfare tutti i requisiti che richiede la normativa. Qui in seguito verrà riportata la Checklist utilizzata dal Laboratorio e dall'ente certificatore per la compilazione dei vari paragrafi della CTF

Attività	Luogo,Data, Ora	Aree da valutare		
		CTF 1	CTF 2	CTF 3
Riunione preliminare di apertura		X	X	X
Incontro iniziale con il Laboratorio		X	X	X
4 Requisiti Generali			X	X
5 Requisiti Strutturali				X
6 Requisiti Relativi alle Risorse		X	X	X
6.2 Personale			X	X

6.3 Strutture e Condizioni Ambientali		X	X	X
6.4 Dotazioni		X	X	X
6.5 Riferebilit� Metrologica		X	X	X
6.6 Prodotti e Servizi Fornitori dall'Esterno				X
7 Requisiti di Processo			X	X
7.1 Riesame delle richieste, delle offerte dei contratti				X
7.2 Selezione, verifica e validazione dei metodi				X
7.3 Campionamento				X
7.4 Manipolazione degli oggetti da sottoporre a prova o taratura			X	X
7.5 RegISTRAZIONI Tecniche			X	X
7.6 Valutazione dell'incertezza			X	X
7.7 Assicurazione della validit� dei risultati			X	X
7.8 Presentazione dei Risultati			X	X
7.9 Reclami				X
7.10 Attivit� non conformi				X
7.11 Controllo dei dati e gestione delle informazioni			X	X
8 Requisiti del sistema di gestione			X	X
8.2 Documentazione del sistema di gestione			X	X
8.3 Controllo dei documenti del sistema di gestione				X
8.4 Controllo delle registrazioni				

			X	X
8.5 Azioni per affrontare i rischi e le opportunità				X
8.6 Miglioramento				X
8.7 Azioni correttive				X
8.8 Audit interni				X
8.9 Riesami di direzione				X
Riunione preliminare di chiusura				X
Incontro finale con il Laboratorio				

*Fig. 2.1 Checklist per il riconoscimento e la sorveglianza del Laboratorio*

In questo elaborato verranno analizzati solo i paragrafi relativi alla CTF 1, quindi i seguenti capitoli come riportato nella checklist sono:

- Riunione preliminare di apertura
- Riunione iniziale con il Laboratorio
- 6- requisiti relativi alle risorse
- Strutture e Condizioni Ambientali
- Dotazioni
- Riferibilità Metrologica

Nei successivi capitoli verranno analizzati i vari requisiti contenuti nella ISO/IEC 17025 che devono essere rispettati dal laboratorio per poter ottenere la CTF 1

## **2.2 Requisiti Relativi Alle Risorse (Paragrafo 6 della ISO/IEC 17025)**

*“6.1 - il laboratorio deve disporre del personale, delle strutture, delle dotazioni, dei sistemi e dei servizi di supporto necessari per gestire ed eseguire le proprie attività di laboratorio”*

In questo punto vengono definiti generalmente i requisiti del laboratorio, senza di essi è impossibile poter pensare di ottenere la certificazione, poiché mancherebbero le basi fondamentali per il buon

funzionamento di un laboratorio. È impensabile avere un laboratorio che non rispetti questi requisiti minimi necessari per il funzionamento dello stesso. Quindi senza poter disporre del personale delle strutture e delle dotazioni dei sistemi il laboratorio non potrebbe essere definito tale.

## **2.3 Strutture e Condizioni Ambientali (Paragrafo 6.3 della ISO/IEC 17025)**

*“6.3.1 - Le strutture e le condizioni ambientali devono essere idonee per le attività di laboratorio e non devono influire negativamente sulla validità dei risultati.”*

*Nota: Fattori che possono avere un impatto negativo sulla validità dei risultati possono comprendere, in termini non esaustivi, contaminazione microbiologica, polvere, disturbi elettromagnetici, radiazioni, umidità, alimentazione elettrica, temperatura, suoni e vibrazioni.”*

Come strutture del laboratorio idonee per l'attività si intende che il laboratorio disponga: di un'area delimitata e che nessuno tranne il personale qualificato possa accedere a quest'area, devono essere presenti delle sale climatiche per poter effettuare i test alle temperature richieste, l'ambiente del laboratorio deve essere riscaldato e privo di correnti d'aria per non avere un impatto negativo sui test effettuati.

*“6.3.2 - I requisiti relativi alle strutture e alle condizioni ambientali necessarie per l'esecuzione delle attività di laboratorio”*

Le condizioni ambientali vanno distinte in due parti: quelle interne alla sala climatica e quelle esterne alla sala climatica. Per le prove che non richiedono una specifica temperatura a cui devono essere effettuate si richiede solamente di avere un ambiente privo di correnti d'aria e a una temperatura di  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , mentre alcune prove richiedono temperature specifiche. Al momento la temperatura all'esterno delle sale climatiche non viene monitorata e non ci sono sensori che possono monitorare la temperatura, mentre all'interno della sala climatica viene costantemente monitorata sia la temperatura e l'umidità vengono costantemente monitorate. La temperatura a cui vengono condotti i test all'interno delle sale climatiche è variabile e dipende dalla tipologia di test che viene eseguito sul banco frigorifero. Solo se tutti i test vengono effettuati tutti all'interno delle sale climatiche allora non è necessario monitorare la temperatura del laboratorio. Attualmente il laboratorio non monitora la temperatura all'esterno delle sale poiché non sono presenti sensori all'esterno delle sale. Quindi è possibile effettuare i test per la certificazione CB solo all'interno delle sale climatiche, ed è stata impostata una nota esplicativa all'interno del manuale della qualità del laboratorio. Attualmente si pensa che non sia necessario effettuare prove all'esterno delle sale climatiche, perché oltre a non avere la possibilità di monitorare la temperatura, non è possibile fare acquisizioni con la strumentazione; quindi, al di fuori delle sale si

potrebbero effettuare solo le prove di: impact test, resistenza meccanica e protezione contro l'accesso a parti in tensione.

*“6.3.3 - Il laboratorio deve monitorare, tenere sotto controllo e registrare le condizioni ambientali in conformità a specifiche, metodi o procedure pertinenti o quando queste influiscono sulla validità dei risultati.”*

Il laboratorio deve disporre del monitoraggio della temperatura delle sale e il monitoraggio delle temperature del laboratorio (se parte dei test viene fatto esternamente alle sale climatiche), quindi l'andamento deve essere tracciato e se richiesto l'andamento delle sale deve poter essere stampato per eventuali verifiche in sede di audit con l'ente certificatore. Le prove di Riscaldamento, ad esempio, richiedono una temperatura della sala climatica di 32 °C, mentre le prove che non richiedono una specifica temperatura vengono eseguite a una temperatura di 20 °C ±5 °C, per questo è fondamentale monitorare la temperatura.

*“6.3.4 – Devono essere attuate, monitorate e periodicamente riesaminate misure finalizzate a mantenere sotto controllo le strutture ed esse devono comprendere, in termini non esaustivi, quanto segue:*

- A. accesso alle, e utilizzo delle, aree che influiscono sulle attività di laboratorio;*
- B. prevenzione di contaminazioni, interferenze o influenze negative sulle attività di laboratorio;*
- C. efficace separazione tra aree in cui vengono eseguite attività di laboratorio incompatibili.”*

Per quanto riguarda il punto A, il laboratorio è delimitato dal resto dello stabilimento da una recinzione che ne impedisce l'accesso, il personale autorizzato può accedere al laboratorio solo attraverso le porte con il riconoscimento dell'impronta digitale. Questo sistema oltre a non permettere l'accesso a personale non autorizzato, definisce i limiti dell'area del laboratorio e ne previene la contaminazione del laboratorio stesso; inoltre, con questo sistema tutte le attività che sono incompatibili con il laboratorio non vengono realizzate all'interno di esso perché il personale esterno non ha l'autorizzazione per entrare nel laboratorio. La suddivisione degli spazi è rivelata nella pianta del laboratorio, dove viene descritto il layout del laboratorio che è possibile vedere in (Fig. 2.6), a Pag. 49 nel paragrafo “Manuale della qualità”

*“6.3.5 – Quando il laboratorio esegue attività in siti o strutture al di fuori del proprio controllo permanente, deve assicurare che vengano soddisfatti i requisiti relativi alle strutture e alle condizioni ambientali di cui al presente documento.”*

Tutte le prove che vengono riconosciute dall'ente certificatore vengono svolte esclusivamente nel laboratorio, mentre le prove non coperte dalla CTF del laboratorio vengono eseguite da un altro ente nel proprio laboratorio certificato ISO 17025, quindi non vengono mai utilizzate strutture che non presentano i requisiti minimi richiesti dalla normativa.



## 2.4 Dotazioni (Paragrafo 6.4 della ISO/IEC 17025)

*“6.4.1 - Il laboratorio deve disporre delle dotazioni necessarie per eseguire correttamente le attività di laboratorio e che possono influire sui risultati (compresi, in termini non esaustivi: strumenti di misura, software, campioni di riferimento, materiali di riferimento, dati di riferimento, reagenti e materiali di consumo o apparati ausiliari).*

*Nota 1: Viene utilizzata una molteplicità di nomi per indicare i materiali di riferimento e i materiali di riferimento certificati, tra i quali campioni di riferimento, campioni di taratura, materiali di riferimento campione, materiali di controllo qualità. La ISO 17034 contiene informazioni aggiuntive sui produttori di materiali di riferimento (RMP - Reference Materials Producers). Gli RMP che soddisfano i requisiti della ISO 17034 sono considerati competenti. I materiali di riferimento forniti da produttori conformi ai requisiti della ISO 17034 sono accompagnati da fogli informativi o certificati che specificano, tra le altre caratteristiche, l'omogeneità e la stabilità di determinate proprietà e, per i materiali di riferimento certificati, le specifiche proprietà con valori certificati, la loro incertezza di misura associata e la relativa riferibilità metrologica.*

*Nota 2: La Guida ISO 33 fornisce una guida sulla scelta e l'utilizzo dei materiali di riferimento. La Guida ISO 80 fornisce una guida per produrre materiali di controllo qualità interni.”*

Qualsiasi strumentazione utilizzata per effettuare i test relativi al CB, dai sensori di umidità relativa agli analizzatori di potenza, vengono tarati: con lo strumento primario, con i campioni di riferimento, da un laboratorio esterno certificato. In ogni caso vengono registrati e archiviati tutti le tarature o modifiche che vengono effettuate su un particolare strumento, questo avviene non solo per gli strumenti utilizzati per i test del CB, ma per tutti gli strumenti presenti nel laboratorio, ad esempio i misuratori di portata.

*“6.4.3 - Il laboratorio deve disporre di una procedura per la manipolazione, il trasporto, la conservazione, l'utilizzo e la manutenzione programmata delle proprie dotazioni, al fine di assicurarne il corretto funzionamento e prevenirne la contaminazione o deterioramento.”*

Tutte le disposizioni degli strumenti: trasporto, conservazione, utilizzo e manutenzione programmata vengono riportate all'interno del manuale della qualità del laboratorio, all'interno del manuale sono riportate tutte le azioni correttive per soddisfare pienamente tutte le richieste che vengono fatte nei vari punti della normativa. All'interno del manuale 6.4.3 viene riportata la procedura di conservazione degli strumenti. Gli strumenti vengono conservati nel magazzino strumenti, negli scaffali dedicati, il magazzino strumenti è segnalato nella planimetria del laboratorio; mentre per il trasporto gli strumenti poco ingombranti sono trasportati manualmente all'interno della loro custodia se ne sono provvisti; invece, gli strumenti più voluminosi che rischierebbero di danneggiarsi durante il trasporto, vengono spostati solo attraverso un apposito carrello o un transpallet. Gli strumenti restano nelle sale fino alla fine delle prove sul banco frigorifero, all'interno delle sale vengono tenuti a terra o sui tavoli in base alle necessità; quando le prove sono terminate i vari strumenti vengono riportati nel magazzino strumenti,

dove resteranno disponibili per le varie prove. L'utilizzo e la manutenzione vengono discussi ai punti seguenti.

*“6.4.4 - Il laboratorio deve verificare che le dotazioni siano conformi a requisiti specificati prima di metterle o rimetterle in servizio.”*

Quando viene rilevata una non conformità sulle dotazioni, durante una taratura o un test, vengono fatte le dovute modifiche sugli strumenti, una volta concluse viene fatta una taratura interna per verificare che le misure siano corrette. Conclusa la taratura viene generato un test report, che garantisce la validità dello strumento, infine viene riportato nello storico della scheda strumento, che nelle relative date sono state fatte manutenzioni/modifiche allo strumento e la relativa taratura. Conclusa la manutenzione lo strumento viene riposto in magazzino ed è rimesso in servizio.

*“6.4.5 - Le dotazioni utilizzate per le misurazioni devono consentire di ottenere l'accuratezza e/o l'incertezza di misura richieste per fornire risultati validi.”*

La ISO/IEC 17025 richiede che si sia in grado di dimostrare, che gli strumenti utilizzati siano sufficientemente accurati per le misure effettuate sui prodotti testati, è necessario riportare l'accuratezza o l'incertezza dello strumento nei relativi test report o nei report di taratura. L'incertezza può essere espressa con due metodi: metodo sperimentale (analisi campionaria), metodo basato su conoscenze a priori (incertezza fornita dai manuali). L'argomento dell'incertezza viene approfondito nel terzo capitolo, paragrafo “Tarature Wattmetri”, quindi si rimanda a quel paragrafo per gli ulteriori dettagli. È importante che tutti i manuali della strumentazione sia archiviato e consultabile all'occorrenza. I limiti di incertezza delle varie grandezze, che devono essere rispettati si trovano nel documento operativo “IECEE OD-5014\_Instrument Accuracy Limit” lo scopo del documento è fornire le accuratezze degli strumenti per definiti range di misura, qualora lo strumento rispettasse questi valori, verrebbe definito non idoneo all'utilizzo dei test per il certificato CB e verrebbe scartato. Portiamo come esempio i limiti imposti, dal documento operativo, per la misura della grandezza della potenza, qui sotto in Fig 0.0 viene riportata la sezione della tabella riguardante la potenza attiva per differenti range.

<b>Power (50/60 Hz)</b>	≤ 3 kW	± 3%
	> 3 kW	± 5%

*Fig. 2.1 – Limiti di accuratezza imposti dalla OD-5014 sulla misura della Potenza attiva*

È responsabilità del laboratorio assicurare che tutti gli strumenti raggiungano l'incertezza richiesta. Questi limiti vengono riportati nei rapporti di taratura, come è possibile vedere in Fig 0.0 nella penultima colonna, al paragrafo “Taratura wattmetri” del capitolo 3. Quello è l'errore ammissibile che ci aspettiamo non venga mai superato dai wattmetri ed è calcolato sul  $\pm 3\%$  che è stato ricavato dalla tabella riportata (Fig. 2.1) qui sopra; il range che è stato selezionato è quello inferiore ai 3 kilowatt, poiché quello specifico wattmetro non superava quel range di misura.

*“6.4.6 - Le apparecchiature di misura devono essere tarate quando:*

- l'accuratezza o l'incertezza di misura influiscono sulla validità dei risultati presentati, e/o
- la taratura dell'apparecchiatura è necessaria per stabilire la riferibilità metrologica dei risultati presentati.

*Nota: i tipi di apparecchiatura che influiscono sulla validità dei risultati possono comprendere:*

- quelli utilizzati per misurazione diretta del misurando, per esempio le bilance utilizzate in misurazioni di massa;
- quelli utilizzati per apportare correzioni al valore del misurando, per esempio in misurazioni di temperatura;
- quelli utilizzati per ottenere un risultato calcolato e partire da più grandezze misurate.”

**“6.4.7 - Il laboratorio deve stabilire un programma di taratura che deve essere riesaminato e aggiornato, per quanto necessario, in modo tale da mantenere la fiducia nello stato di taratura.”**

Le tarature siano esse eseguite internamente o esternamente, vengono realizzate una volta all'anno; per tenere traccia di tutta la strumentazione, è stato realizzato un Excel dove sono stati riportati tutti i codici degli strumenti, le date di taratura, le date di scadenza delle tarature e una colonna che indichi se lo strumento in quel giorno risulta ancora tarato o no. Non c'è una reale pianificazione delle tarature interne, vengono effettuate quando gli strumenti non vengono utilizzati per i test, mentre per i materiali che devono essere inviati a tarare in un laboratorio esterno, circa un mese prima della scadenza viene fatta la richiesta d'acquisto della taratura e successivamente viene inviato il materiale. Sia i certificati emessi dagli enti esterni sia i report di taratura emessi internamente vengono salvati e conservati nel caso in futuro fosse necessario consultarli.

**“6.4.8 - Tutte le dotazioni che richiedono taratura o che hanno un periodo definito di validità, devono essere etichettate, codificate o altrimenti identificate, in modo da permettere all'utilizzatore di riconoscerne prontamente lo stato di taratura o il periodo di validità.”**

Ogni strumento all'interno del laboratorio: wattmetri, misuratori di portata, trasduttori di pressione, acquisitori, sensori di umidità, ecc. è provvisto di etichetta, dove viene riportato il codice dello strumento, la data dall'ultima taratura e la durata della taratura (solitamente un anno). Le etichette vengono assegnate a strumenti che non sono soggetti a tarature, ma che sono nell'inventario del laboratorio; ogni volta che lo strumento viene tarato viene emessa una nuova etichetta con la nuova data di taratura. L'utilizzo delle etichette e il loro aggiornamento, garantisce il riconoscimento univoco di ogni strumento e permette di riconoscere istantaneamente da chiunque, se lo strumento che si sta utilizzando abbia una taratura valida o meno.



Fig. 2.2 – Etichetta Strumento

**“6.4.9 - Le dotazioni che hanno subito sovraccarico o manovra errata, che forniscono risultati dubbi o che si siano rivelate difettose o al di fuori dei requisiti specificati, devono essere poste fuori servizio. Devono essere segregate per impedirne l'utilizzo o chiaramente etichettate o marcate come fuori servizio, fino a che non sia stato verificato il loro corretto funzionamento. Il laboratorio deve esaminare gli effetti del difetto o dello scostamento dai requisiti specificati e deve attivare la procedura di gestione delle attività non conformi”**

Se uno strumento durante una taratura, una verifica o una verifica intermedia, risultasse difettoso viene aperta una non conformità; lo strumento viene etichettato come guasto e viene riportato in un apposito spazio lontano dalla strumentazione conforme, nella scheda strumento viene segnalato con le relative date, che lo strumento risulta guasto e viene anche aggiornata la tabella di riassunto delle tarature, dove viene evidenziata di rosso la riga relativa allo strumento e segnalata come guasto. Per risolvere il guasto è possibile mandarlo al servizio di assistenza, oppure fare la manutenzione internamente; se il guasto viene risolto, si chiude la non conformità e lo strumento viene messo in servizio dopo una taratura. Se la conformità non viene risolta, lo strumento deve essere dismesso e tutta la relativa documentazione viene eliminata dai file della strumentazione e archiviata.

**“6.4.10 - Quando si rendono necessarie verifiche intermedie per mantenere la fiducia nelle prestazioni delle dotazioni di laboratorio, tali controlli devono essere eseguiti secondo una procedura.”**

Per garantire una maggiore affidabilità dello strumento, viene richiesto dalla normativa di effettuare una verifica intermedia a distanza di 6 mesi dalla taratura, questa verifica risulta molto meno complessa delle normali tarature. Semplicemente si tratta di eseguire un'ulteriore verifica durante l'esecuzione di un test nelle sale climatiche, ad esempio mentre si sta testando il consumo di un banco frigorifero si può affiancare il wattmetro il primario di riferimento, collegandolo in serie, per verificare se la potenza istantanea letta dai due strumenti rientra nel massimo errore ammissibile dichiarata nella OD – 5014. Questo metodo ci fornisce in modo rapido una conferma sull'attendibilità della misura e ci dà una maggiore solidità sui test effettuati nel laboratorio.

**“6.4.13 – Devono essere conservate le registrazioni per le dotazioni che possono influire sulle attività di laboratorio. Le registrazioni devono comprendere, ove applicabile, quanto segue:**

- a) l'identificazione dell'apparecchiatura, compresa la versione software e firmware;
- b) il nome del produttore, l'identificazione del tipo, numero di serie o ogni altra identificazione univoca;
- c) l'evidenza della verifica di conformità dell'apparecchiatura ai requisiti specificati;
- d) la collocazione attuale;
- e) le date di taratura, i risultati delle tarature, le regolazioni, i criteri di accettazione e la data prevista per la prossima taratura o l'intervallo di taratura;
- f) la documentazione dei materiali di riferimento, i risultati, i criteri di accettazione, le date e i periodi di validità pertinenti;

- g) il programma di manutenzione e lo stato aggiornato delle manutenzioni effettuate, ove siano rilevanti per le prestazioni delle apparecchiature;
- h) i dettagli relativi ad eventuali danneggiamenti, malfunzionamenti, modifiche o riparazioni dell'apparecchiatura.

Nella scheda strumento riportata in Fig. 2.3, vengono riportati i seguenti dati: codice dello strumento, nome dello strumento fornito dal costruttore, tipologia di misurazioni che è possibile effettuare con l'apparecchio, range di misura, codice dell'inventario, riepilogo delle tarature effettuate, riepilogo delle manutenzioni effettuate.

<b>COSTAN</b> REFRIGERATION		<b>STRUMENTO DI MISURA</b>		<b>S200</b>	
LABORATORIO					
<b>ANAGRAFICA STRUMENTO</b>					
Codice strumento	S200	N. inventario	01006799		
Costruttore	YOKOGAWA	Modello	WT 230		
Descrizione	ANALIZZATORE DI POTENZA TRIFASE				
Data di ingresso	28/11/2008	Anno di costruzione	2008		
Data di uscita		Vita utile			
<b>NOTE STRUMENTO</b>					
Grandezze misurate	TENSIONEE 0-600V , CORRENTE 0-20A , POTENZA				
	BANDA PASSANTE 0.5Hz-100KHz , CLASSE DI PRECISIONE 0.1%				
	MISURE DELLE GRANDEZZE SULLE SINGOLE FASI				
Accessori					
Collocazione	ARMADIO STRUMENTAZIONE , SALE PROVE SE NECESSARIO				
Note					
<b>TARATURA STRUMENTO</b>					
Grandezze fondamentali	GRANDEZZE ELETTRICHE		Frequenza taratura	12 MESI	
<b>CRONOLOGIA TARATURE</b>					
Data	INT	EST	Laboratorio esterno / Operatore interno	Certificato / note / primario di riferimento	scadenza
27/09/2013		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	07251/13	27/09/2014
31/08/2015		X	NEMKO ( LAIT n° 42 )	06392/15	31/08/2016
03/07/2017		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	04360/17	03/07/2018
14/07/2018		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	03897/18	14/07/2019
10/09/2019		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	04386/19	10/09/2020
24/09/2020		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	03896/20	24/09/2021
24/09/2021		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	04642/21	24/09/2022
06/09/2022		X	NEMKO ( LAT n° 42 )	04431/22	06/09/2023

Fig. 2.3 – Scheda strumento

## Riferibilità metrologica (Paragrafo 6.5 della ISO/IEC 17025)

“6.5.1 – Il laboratorio deve stabilire e mantenere le riferibilità metrologica dei propri risultati di misura per mezzo di una documentata e ininterrotta catena di tarature, ciascuna delle quali contribuisce all'incertezza di misura, che li pone in relazione ad un appropriato riferimento.

*Nota 1: Nella Guida ISO/IEC 99, la riferibilità metrologica è definita come “proprietà di un risultato di misura per cui esso è posto in relazione ad un riferimento attraverso una documentazione catena ininterrotta di tarature, ciascuna delle quali contribuisce all’incertezza di misura”.*

*Nota 2: Vedere allegato A per ulteriori informazioni sulla riferibilità metrologica”*

## **Requisiti di Processo (Paragrafo 7 della ISO/IEC 17025)**

### **2.5 Valutazione dell’incertezza di misura (Paragrafo 7.6 della ISO/IEC 17025)**

*“7.6.1 – Il laboratorio deve identificare i vari contributi dell’incertezza di misura. Quando si valuta l’incertezza di misura si deve tenere conto di tutti i contributi significativi, compresi quelli derivanti dal campionamento, utilizzando appropriati metodi di analisi*

*“7.6.2 – Un laboratorio che effettua tarature, comprese quelle delle proprie apparecchiature, deve valutare l’incertezza di misura per tutte le tarature”*

L’argomento dei contributi di incertezza e il calcolo dell’incertezza viene ampiamente discusso nel capitolo sui Wattmetri a Pag. 67

*“7.6.3 – Un laboratorio che esegue prove dove valutare l’incertezza di misura. Quando il metodo di prova preclude una valutazione rigorosa dell’incertezza di misura, deve essere fatta una stima basata sulla conoscenza dei principi teorici o sull’esperienza pratica circa le prestazioni del metodo.”*

### **7.8.2 Requisiti comuni per i rapporti (di prova, taratura, o campionamento)**

*“7.8.2.1 - A meno che il laboratorio abbia valide ragioni per non farlo, ogni rapporto deve comprendere almeno le seguenti informazioni, al fine di minimizzare ogni possibilità di fraintendimenti o utilizzo improprio:*

- 1) un titolo (per esempio “Rapporto di prova”, “Certificato di taratura” o “Rapporto di campionamento”);*
- 2) Il nome e l’indirizzo del laboratorio;*
- 3) il luogo di esecuzione delle attività di laboratorio, comprese quelle effettuate presso il cliente o in siti al di fuori delle sedi permanenti del laboratorio, o in sedi temporanee o mobili dello stesso;*

- 4) *una univoca identificazione che permetta di riconoscere tutte le parti che lo compongono come parti del rapporto completo, e una chiara identificazione della fine del rapporto;*
- 5) *il nome e i recapiti del cliente;*
- 6) *identificazione del metodo utilizzato;*
- 7) *la descrizione, l'identificazione univoca e quando necessario, le condizioni dell' oggetto;*
- 8) *la data di ricevimento del(gli) oggetto(i) sottoposto(i) a prova o taratura, e la data del campionamento, quando questa è critica per la validità e l'utilizzo dei risultati;*
- 9) *la(e) data(e) di esecuzione dell'attività di laboratorio;*
- 10) *la data di emissione del rapporto;*
- 11) *il riferimento al piano di campionamento e al metodo di campionamento utilizzati dal laboratorio o da altro organismo, quando queste informazioni sono rilevanti per la validità o l'utilizzo dei risultati;*
- 12) *una dichiarazione attestante che i risultati riferiscono solo agli oggetti sottoposto a prova, taratura o campionamento*
- 13) *i risultati, corredati ove appropriato delle unità di misura;*
- 14) *aggiunte, scostamenti o esclusioni dal metodo;*
- 15) *l'identificazione della(e) persona(e) che autorizza il rapporto;*
- 16) *una chiara identificazione dei risultati provenienti da fornitori esterni.”*

In questo paragrafo vengono elencate tutte le informazioni generali che devono essere inserite in un rapporto di prova (test report) o rapporto di taratura. Come abbiamo visto nel primo capitolo sui test di sicurezza elettrica Certification Body (CB), in cui sono state descritte le varie prove come, ad esempio, quella di Resistenza meccanica, paragrafo 21.1 (pag. 15), Prova di “Impac test”. All'interno di ogni singolo paragrafo vengono elencate le varie informazioni da inserire nel test report, che sono da considerarsi integrative a quelle riportate qui sopra, ovviamente quelle riportate nei capitoli delle prove sono informazioni specifiche per ogni singola prova. Al momento i test report che vengono generati risultano con poche informazioni, soprattutto non è presente una descrizione di come viene eseguita la prova.

APPLIANCE				
REPORT PREPARED BY	L. Bertiglia		Epta S.p.A.	
TEST DATE	15/03/2023 11:00			
APPLIANCE MODEL	MAMBO NEXT 125			
SERIAL NUMBER	CA33782			
REFERENCE	IEC 60335-1; IEC 60335-2-89 § Clause 21.1			

CONDITIONS	
TEMPERATURE	20,8 °C
RELATIVE HUMIDITY	40,2 %

INSTRUMENT DATA				
INSTRUMENT	MANUFACTURER	MODEL	S/N	CODE
Spring Hammer (0,2 - 1,0 J)	PTL	F 22.50	5140019	0044
Impact Hammer (2,0 J)	PTL	F 22.20	5180031	0084

IMPACT RESISTANCE				
IMPACTS PER SURFACE	SURFACE TESTED	IMPACT ENERGY	NOTE	RESULT
3	Glass Roof	2,0 J	-	PASS
3	Glass Side	2,0 J	-	PASS
3	Side Wall	1,0 J	-	PASS
3	Back Wall	1,0 J	-	PASS

Fig. 2.4 – Esempio di Test report, prova di impact test

“7.8.2.2 – Il laboratorio deve assumersi la responsabilità di tutte le informazioni presentate nel rapporto, tranne quando queste sono fornite dal cliente. I dati forniti dal cliente devono essere chiaramente identificati. Inoltre, quando le informazioni sono fornite dal cliente e possono influenzare la validità dei risultati, il laboratorio deve includere nel rapporto una dichiarazione con cui ne declina la responsabilità. Quando il laboratorio non è stato responsabile della fase di campionamento (per esempio se il campione è stato fornito dal cliente), deve indicare nel rapporto che i risultati si riferiscono al campione così come ricevuto.”

Quando un test report viene concluso, deve essere autorizzato e firmato dal personale che ha generato il report o da chi lo supervisiona, poiché il laboratorio che effettua i test ha la completa responsabilità su di essi e deve assicurarsi che vengano eseguiti nel modo corretto. Siccome il laboratorio effettua prove esclusivamente su campioni dei propri apparecchi, la responsabilità dei test effettuati all’interno del laboratorio sempre e solo dello stesso laboratorio.

### 7.8.3 Requisiti specifici per i rapporti di prova

“7.8.3.1 – In aggiunta ai requisiti elencati al punto 7.8.2, i rapporti di prova devono comprendere, ove necessario per l’interpretazione dei risultati, quanto segue:

- a) informazioni circa particolari condizioni di prova, quali le condizioni ambientali;
- b) ove pertinente, una dichiarazione di conformità a requisiti o specifiche (vedere punto 7.8.6);



- c) *ove applicabile, l'incertezza di misura riportata nella stessa unità di misura del misurando o in termini relativi rispetto al misurando stesso (per esempio in percentuale), quando:*
  - *essa è rilevante per la validità o l'utilizzo dei risultati di prova;*
  - *è richiesta dal cliente, o*
  - *influisce sulla conformità rispetto ad un limite di specifica*
- d) *ove appropriato, opinioni ed interpretazioni (vedere punto 7.8.7);*
- e) *ulteriori informazioni che possono essere richieste da specifici metodi, autorità, clienti o gruppi di clienti.”*

Le informazioni aggiuntive sopra riportate, riguardanti la compilazione dei test report, vengono parzialmente già inserite: le condizioni ambientali (temperatura e umidità) attualmente vengono già inserite, mentre l'incertezza di misura al momento viene inserita solo nei rapporti di taratura e non nei report delle prove. Si provvederà ad aggiungere l'incertezza in formato percentuale o numerico, se risulta un dato rilevante per la validità della prova. Se l'esecuzione della prova risulta molto complessa o se lo richiede l'ente certificatore, allora è possibile aggiungere ulteriori informazioni, opinioni o interpretazioni nella descrizione riguardante la prova o in un paragrafo dedicato.

## **7.8.4 Requisiti specifici per i certificati di taratura**

*“7.8.4.1 – In aggiunta ai requisiti elencati al punto 7.8.2, i certificati di taratura devono comprendere quanto segue:*

- a) *l'incertezza di misura del risultato di misura, riportata nella stessa unità di misura del misurando o in termini relativi rispetto al misurando stesso (per esempio in percentuale);*

*Nota: Secondo la Guida ISO/IEC 99, un risultato di misura è generalmente espresso come un singolo valore misurato di una grandezza, comprese l'unità di misura e l'incertezza di misura.*

- b) *Le condizioni (per esempio ambientali) in cui le tarature sono state eseguite e che influiscono sui risultati di misura;*
- c) *Una dichiarazione che identifichi in qual modo le misurazioni sono metrologicamente riferibili ;*
- d) *I risultati prima e dopo ogni regolazione o riparazione, se disponibili;*
- e) *Ove pertinente, una dichiarazione di conformità a requisiti o specifiche (vedere punto 7.8.6);*
- f) *Ove appropriato, opinioni e interpretazioni (vedere punto 7.8.7).”*

Per quanto riguarda le informazioni aggiuntive, che devono essere inserite nei rapporti di taratura, sono state inserite: le informazioni sull'incertezza di misura, con riferimento al documento operativo OD-5014, che indica i limiti di accuratezza; vengono inserite le condizioni ambientali (temperatura e umidità) con le relative incertezze di misura, la temperatura deve restare entro i  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; la dichiarazione di riferibilità metrologica viene risolta, accompagnando il rapporto di taratura con il certificato di taratura dello strumento primario; se vengono fatte regolazioni o riparazioni sullo strumento verranno riportati i

risultati prima e dopo la regolazione. Qui in basso in Fig 0.0 viene riportato un esempio di report di taratura generato nel nostro laboratorio.

**EPTA SpA** *Rapporto di Taratura* **23-009**  
*Test Report nr.*  
 Unità Locale  
 Via degli Alpini, 14  
 32020 Lomana (BL)  
 Pagina/Page: 1 of 8  
 Data/Date: 27/03/2023

**Data di emissione**  
*date of issue* 27/03/2023  
**destinatario**  
*addressee* EPTA SpA  
**richiesta**  
*application* Laboratorio R&D  
**in data**  
*date* 27/03/2023

**La prova si riferisce a**  
*Calibration refers to*

**Oggetto**  
*Item* S 201  
**Costruttore**  
*Manufacturer* GAVAZZI  
**Modello**  
*Model* CARLO GAVAZZI WN22 DIN AV1  
**Matricola**  
*Serial number* ---  
**Identificazione cliente**  
*Customer identification* ---  
**Data delle misure**  
*Date of measurements* 24/03/2023  
**Luogo di esecuzione delle attività**  
*Place of execution of the activities* Area taratura strumenti, Laboratorio R&D Epta spa  
**Registro di laboratorio**  
*Laboratory reference* H:\U\_TDF\Laboratorio\Certificazione\11 - Report  
**Metodo utilizzato**  
*Method used* [Calibrazione analizzatori di rete](#)

Firma Esecutore  
*Technician Signature*  
 Lorenzo Bertiglia

Firma per Approvazione  
*Approval Signature*  
 Walter Casagrande

**EPTA SpA** *Rapporto di Taratura* **23-009**  
*Test Report nr.*  
 Unità Locale  
 Via degli Alpini, 14  
 32020 Lomana (BL)  
 Pagina/Page: 4 of 8  
 Data/Date: 27/03/2023

**INCERTEZZE DI MISURA**  
*MEASUREMENT UNCERTAINTIES*

**Grandezze misurate**  
*Measured quantities*

Modello tarato:  $\pm 1\% RDG \pm 1 DGT [W]$   
 Modello Primario:  $\pm (0,1\% \text{ of reading} + 0,1\% \text{ of range}) [W]$   
 Incertezza estesa  $U = k \cdot (U_{\text{primario}}^2 + U_{\text{strumento}}^2)^{1/2}$   
 Con  $k=2$

I valori di incertezza riportati nel presente Rapporto sono stati ricavati tenendo conto di tutti i contributi di incertezza che intervengono nella misura, compresi quelli che derivano dalla risoluzione e dalla stabilità a breve termine dello strumento in taratura.  
*The uncertainty values reported in this document have been calculated by taking into account every uncertainty contribute which influences the measurement, included those ones deriving from resolution and short-time stability of item under calibration*

I risultati ottenuti sono relativi alla condizione in cui si trovava lo strumento al momento della sua taratura; essi non sono significativi della capacità dello strumento di mantenere la taratura nel tempo.  
*The results reported in this Certificate refer to the condition of the instrument on the date of calibration and carry no implication regarding the long-term stability of the instrument.*

**EPTA SpA** *Rapporto di Taratura* **23-009**  
*Test Report nr.*  
 Unità Locale  
 Via degli Alpini, 14  
 32020 Lomana (BL)  
 Pagina/Page: 5 of 8  
 Data/Date: 27/03/2023

**RISULTATI DI MISURA**  
*Measurement Results*

Fondo scala	Potenza misurata dal primario di riferimento	Potenza misurata Attraverso sistema di acquisizione	Incertezza U estesa	Errore Wif-Wifet	Errore ammissibile %	Esito
[W]	[W]	[W]	[W]	[W]		
500	15,84	15,78	-1,15	-0,24	0,47	PASS
	45,7	47,9	1,60	-0,85	1,44	PASS
	105,0	103,3	-2,57	-1,66	3,10	PASS
	220,4	219,4	-0,81	-1,00	6,58	PASS
1500	223,0	221,8	-0,86	-1,24	6,65	PASS
	850,6	848,4	-2,19	-4,20	19,99	PASS
	1337,0	1321,8	-15,89	-15,20	39,63	PASS
	1602,4	1489,9	-112,50	-14,50	44,58	PASS
2000	221,8	220,4	-0,83	-1,24	6,61	PASS
	810,2	804	-6,20	-6,20	24,12	PASS
	1518,8	1501,2	-17,60	-15,60	45,04	PASS
	1699,0	1632,8	-66,20	-33,20	57,98	PASS

Sono stati esclusi i valori nel range 0-10% del fondo scala.  
 All'interno di questo range 0-10% la misura non è affidabile (incertezza = 1-1,5%)

**EPTA SpA** *Rapporto di Taratura* **23-009**  
*Test Report nr.*  
 Unità Locale  
 Via degli Alpini, 14  
 32020 Lomana (BL)  
 Pagina/Page: 6 of 8  
 Data/Date: 27/03/2023

**Calibration curve**  
**CURVA DI CALIBRAZIONE**

**Calcolo della Potenza**  
 $P_{\text{let}} = A \times P_{\text{rif}} + B$   
**A = 1,01**  
**B = -2,57**

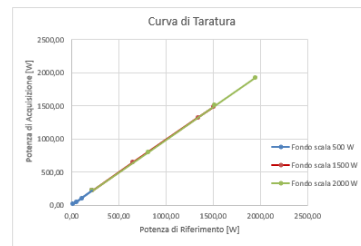


Fig. 2.5 – Esempio di Report di Taratura

*“7.8.4.3 – Un certificato di taratura o una etichetta di taratura non devono contenere raccomandazioni circa l’intervallo di taratura a meno che ciò non sia stato concordato con il cliente”*

Per quanto riguarda le etichette viene riportato solo il codice strumento, la data di taratura e il periodo di validità della taratura. Mentre nel rapporto di taratura non vengono inserite raccomandazioni circa l’intervallo di taratura, ma il range viene scelto solo in base alle capacità, sensibilità dello strumento e alle necessità della prova, ma solitamente gli strumenti a magazzino necessitano sempre di range di misura in linea con quelli misurabili dalla strumentazione.

## **7.8.5 Presentazione delle informazioni relativa al campionamento – requisiti specifici**

*“7.8.5.1 – Ove il laboratorio sia responsabile dell’attività di campionamento, in aggiunta ai requisiti elencati al punto 7.8.2, i rapporti emessi devono comprendere, ove necessario per l’interpretazione dei risultati, quanto segue:*

- a) La data del campionamento;*
- b) L’identificazione univoca dell’oggetto o del materiale campionato (compresi il nome del produttore, il modello o il tipo di designazione e numero di serie, per quanto appropriato);*
- c) Il luogo di campionamento, compresi i diagrammi, disegni o fotografie;*
- d) Un riferimento al piano di campionamento e al metodo di campionamento;*
- e) Dettagli relativi a qualsiasi condizione ambientale durante il campionamento che possa influenzare l’interpretazione dei risultati;*
- f) Le informazioni necessarie per valutare l’incertezza di misura per la successiva fase di prova o taratura”*

Attualmente all’interno del laboratorio non vengono eseguiti campionamenti, nel caso fosse necessario testare un campione ci sono due modi per ottenere lo stesso campione: il primo è produrlo nello stesso laboratorio essendoci la possibilità di realizzare il prototipo desiderato, in questo caso però non ci sarebbe nessuna tracciabilità sul pezzo campionato (produttore, modello, numero di serie), ma si avrebbe il completo controllo sul modello desiderato; il secondo metodo è quello di prelevare il pezzo campionato direttamente dal reparto di produzione o da un fornitore ordinandolo preventivamente, in questo caso si avrebbe la completa tracciabilità del pezzo campionato e anche una maggiore garanzia che il pezzo esaminato sia identico a quello che poi verrebbe montato sugli apparecchi. Quando il campionamento non viene eseguito su prototipi, verrà elaborata una procedura, per il campionamento di pezzi dal reparto di produzione, che verrà inserita nel manuale della qualità.

## 2.6 Manuale della Qualità

L'elaborazione del manuale della qualità del Laboratorio viene richiesto dalla stessa normativa ISO 17025; in questo manuale vengono collezionate tutte le procedure, che vengono realizzate nel laboratorio: tarature, prove tecniche, conservazione della strumentazione, disposizione degli spazi. Il manuale deve riportare i processi concretamente realizzati all'interno del laboratorio; quindi, è fondamentale che il personale interno operi secondo le procedure del manuale della qualità. Fino ad ora in questo capitolo abbiamo esploso la normativa e abbiamo fornito una risposta per ogni paragrafo sulle procedure messe in atto dal laboratorio; esattamente come è stato riportato nei capitoli precedenti, anche nel Manuale della qualità vengono riportate tutte le procedure messe in atto per adempiere ad ogni punto della normativa. L'obiettivo di adempiere alla normativa non deve essere l'unica motivazione per elaborare il manuale; invece, l'obiettivo ultimo deve essere quello di realizzare delle procedure standard, che il personale interno o personale da formare, devono poter seguire per la corretta esecuzione dei test. All'interno del manuale è possibile visionare il layout del laboratorio, ovvero: nella pianta del laboratorio riportata qui in basso sono evidenziate tutte le aree in cui viene svolta una particolare attività.

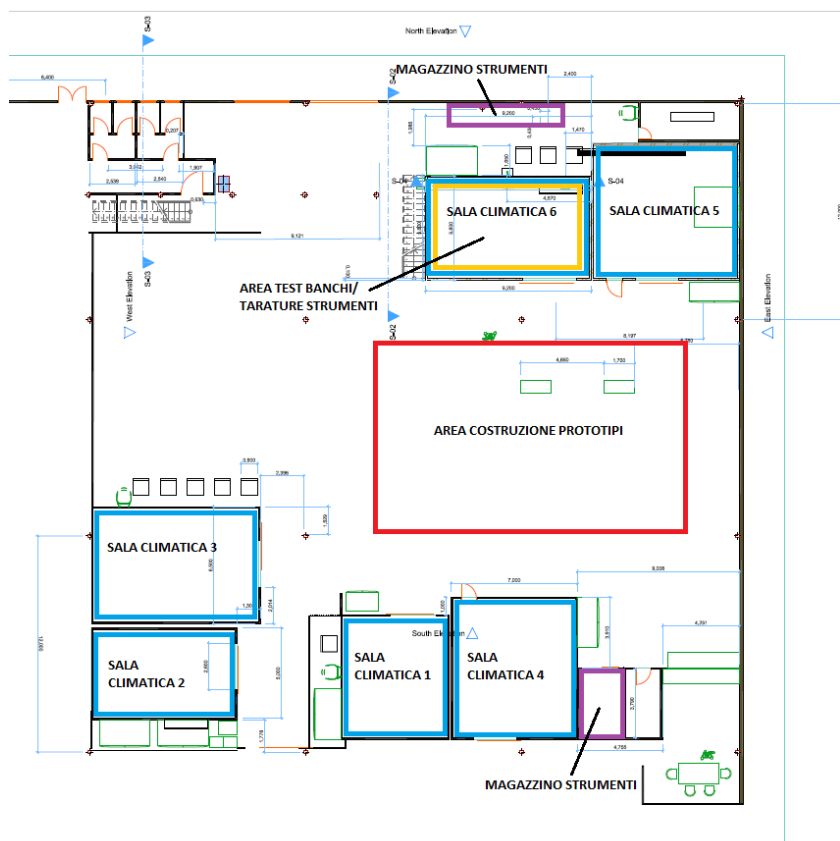


Fig. 2.6 – Layout del Laboratorio

In Fig. 2.6 sono state evidenziate le varie aree di pertinenza: in rosso l'area riservata alla costruzione dei prototipi, in azzurro le sale climatiche dove vengono testati i banchi frigoriferi, in giallo la sala climatica riservata ai test di sicurezza elettrica e alle tarature, in viola l'area del magazzino strumenti.

Nel manuale viene descritto lo scopo del laboratorio, ovvero eseguire i test sugli apparecchi in modo da rispettare le normative vigenti; inoltre vengono anche elencate tutte le normative di cui si vogliono eseguire i test come: test parziali di sicurezza su apparecchi per la refrigerazione secondo la EN/IEC/UL 60335-1, EN/IEC/UL 60335-2-89, test di sicurezza elettrica su componentistica utilizzata negli apparecchi, test e verifiche costruttive su componentistica utilizzata nelle apparecchiature, test parziali per l'emissione di onde elettromagnetiche EMC, taratura della strumentazione. Successivamente si citano le norme di riferimento per garantire la qualità del laboratorio e i termini per definire le varie figure all'interno del laboratorio come ad esempio (RLAB = Responsabile del laboratorio, RPS = Responsabile delle prove di sicurezza).

**Organizzazione:** Nel capitolo relativo alle risorse si definiscono i vari ruoli all'interno del Laboratorio, le responsabilità e le mansioni di ogni singolo ruolo: chi realizza i test, chi li supervisiona, chi genera i report delle varie prove.

**Strutture:** All'interno del manuale viene descritta tutta la struttura del laboratorio e le sue peculiarità e le varie aree di competenza già discusse nel layout del laboratorio.

**Dotazioni:** In questo capitolo del manuale vengono inserite le procedure per l'utilizzo, la manutenzione e il trasporto della strumentazione.

**Requisiti di processo:** Racchiudono tutte le informazioni per l'elaborazione dei report, la presentazione dei risultati, i requisiti dei report di prova e i requisiti dei certificati. Quindi contiene tutte le informazioni per la stesura dei documenti del test.

## 2.7 Documenti Operativi - OD

### Documento Operativo IECEE OD-5010\_Procedure for measuring Laboratory Power Source

#### Misurazioni sulla distorsione di rete, THD

Un requisito che è necessario avere per poter effettuare le prove nelle sale è verificare che l'alimentazione della corrente elettrica garantisca determinati requisiti. Una volta verificato che quella specifica presa di alimentazione rispetta i requisiti minimi allora è possibile collegare l'elettrodomestico da testare su quella presa e avviare i test di sicurezza elettrica (CB) che dovranno essere eseguiti con l'elettrodomestico

acceso. Tutte le disposizioni necessarie per compiere correttamente questa prova sono presenti nel documento operativo “IECEE OD-5010\_Procedure for measuring Laboratory Power Source” che viene allegato alla normativa ISO 17025 precedentemente citata: in questo documento viene spiegato accuratamente come realizzare la prova, in modo corretto, così da evitare il rischio di falsare la prova. Nel documento viene specificato: quale strumento utilizzare, quali parametri devono essere acquisiti, per quanto tempo vanno acquisiti, in quali condizioni e i limiti nel quale i parametri devono restare.

**Parametri:** devono essere raccolte le misurazioni della tensione, la corrente, la frequenza e il THD V ovvero la distorsione armonica della tensione.

**Strumentazione:** per acquisire queste misurazioni si utilizzerà un analizzatore di rete, collegato ad un pc, capace di leggere tutti i parametri sopra indicati

**Condizioni:** l’analizzatore di rete verrà collegato alla sorgente di alimentazione da testare. Nella prima parte del test non verrà collegato nessun carico resistivo, mentre nella seconda parte del test verrà collegato un carico resistivo all’analizzatore di rete.

**Tempo:** l’analizzatore di rete dovrà acquisire i dati di tensione, corrente, frequenza e THD V per la prima parte del test (senza carico resistivo), per 1 ora, e verranno acquisiti per un’altra ora gli stessi parametri per la seconda parte del test (con carico resistivo).

**Limiti:** nel documento vengono elencati i limiti in cui devono rientrare i parametri acquisiti nella prova. I limiti sono: stabilità della tensione  $\pm 3\%$  massimo, stabilità della frequenza  $\pm 2\%$  massimo, distorsione armonica totale  $\pm 5\%$  massimo.

Il documento operativo contiene anche la tabella (Fig. 6.0) dove andranno inseriti i dati ricavati dalle prove.

• Measured Quantity	• Value
• Voltage nominal, $V_{nom} =$	•
• Maximum open circuit voltage, $V_{oc,max} =$	•
• Minimum open circuit voltage, $V_{oc,min} =$	•
• Current loaded, $I_{ld,max} =$	•
• Maximum voltage loaded, $V_{ld,max} =$	•
• Minimum voltage, $V_{ld,min} =$	•
• Maximum frequency open circuit, $F_{oc,max} =$	•
• Minimum frequency open circuit, $F_{oc,min} =$	•
• Maximum frequency loaded, $F_{ld,max} =$	•
• Minimum frequency loaded, $F_{ld,min} =$	•
• Maximum harmonic distortion open circuit, $THD_{oc} =$	•
• Maximum harmonic distortion loaded, $THD_{ld} =$	•
• $Reg V_{oc} = [MAX(V_{oc,max} - V_{nom}; V_{nom} - V_{oc,min})/V_{nom}] \times 100\% =$	•
• $Reg V_{ld} = [MAX(V_{ld,max} - V_{nom}; V_{nom} - V_{ld,min})/V_{nom}] \times 100\% =$	•
• $Reg F_{oc} = [MAX(F_{oc,max} - F_{nom}; F_{nom} - F_{oc,min})/F_{nom}] \times 100\% =$	•
• $Reg F_{ld} = [MAX(F_{ld,max} - F_{nom}; F_{nom} - F_{ld,min})/F_{nom}] \times 100\% =$	•

Fig. 2.7 - Tabella valori richiesti per il test della sorgente di alimentazione

Nella tabella in Fig 2.7 sono riportati tutti i valori richiesti per dimostrare, che la sorgente di alimentazione è adeguata a eseguire i test della sicurezza elettrica (CB). Viene richiesto di inserire nella tabella: la tensione nominale, le tensioni massime e minime misurate con circuito aperto (senza il carico), la corrente massima misurata con circuito chiuso (con il carico), la tensione massima e minima misurata con circuito chiuso (con il carico), la frequenza massima e minima misurata con circuito aperto (senza il carico), la frequenza massima e minima misurata con circuito chiuso (con il carico), la massima distorsione armonica della tensione con circuito aperto (senza il carico), la massima distorsione armonica della tensione con circuito chiuso (con il carico). Poi deve essere calcolata la differenza tra la tensione nominale e la tensione massima misurata, poi deve essere calcolata la tensione nominale e la tensione minima misurata, tra i due valori si sceglie quello più alto e lo si divide per la tensione nominale, da questo valore si ricava il risultato percentuale che dovrà rimanere sotto il 3%, questo calcolo andrà eseguito sia per le misurazioni con circuito aperto sia per le misurazioni con circuito chiuso. Lo stesso calcolo andrà eseguito per la frequenza, quindi verrà calcolata la differenza tra frequenza nominale e la frequenza massima misurata e la differenza tra la frequenza nominale e la frequenza minima misurata, come prima il calcolo viene ripetuto per le misurazioni eseguite a circuito aperto e a circuito chiuso; anche per il calcolo della frequenza il limite di errore in cui dovremo rientrare è del 2%.

La prova è stata ripetuta due volte; la prima prova è stata eseguita senza lo stabilizzatore di corrente che alimentava la presa, questo per verificare se la presa di corrente rispettasse i requisiti richiesti anche senza l'utilizzo dello stabilizzatore di corrente. Lo stabilizzatore di corrente è un macchinario utilizzato per avere la tensione e la frequenza desiderata sulla presa elettrica; quindi, viene utilizzato per simulare la corrente delle prese americane (115 V 60 Hz), o per avere tensioni differenti dai 230 V.

Sono stati acquisiti e registrati i dati della seconda prova, che è stata eseguita senza stabilizzatore di corrente; quindi, ci dovremo aspettare che il test venga fallito. Come è stato descritto precedentemente vengono fatte due prove, una senza carico resistivo e una con il carico resistivo collegato, in entrambe le prove viene lasciato acquisire l'analizzatore di rete per circa 1 ora. Quando è terminata l'acquisizione si passa all'elaborazione dati, dall'Excel di acquisizione dati si ricavano i valori elencati nella tabella in Fig. 2.7, quindi si procederà con la compilazione della tabella.

Measured Quantity	Value	Meas. Unit	Limit	Result
• Voltage nominal, V nom =	230	V		
• Maximum open circuit voltage, Voc,max =	237,42	V		
• Minimum open circuit voltage, Voc,min =	232,41	V		
• Current loaded, Ild, max =	8,84	A		
• Maximum voltage loaded, Vld,max =	233,6	V		
• Minimum voltage, Vld, min =	228,1	V		
• Nominal frequency, F nom =	50	Hz		
• Maximum frequency open circuit, Foc,max =	50,1	Hz		
• Minimum frequency open circuit, Foc,min =	50,0	Hz		
• Maximum frequency loaded, Fld,max =	50,01	Hz		
• Minimum frequency loaded, Fld, min =	49,97	Hz		
• Maximum harmonic distortion open circuit, THDoc =	4,30	%	5	PASS
• Maximum harmonic distortion loaded, THDld =	4,06	%	5	PASS
• Reg Voc = [MAX(Voc,max - Vnom; Vnom - Voc, min)/Vnom] x 100% =	3,22	%	3	FAIL
• Reg Vld = [MAX(Vld,max - Vnom; Vnom - Vld, min)/Vnom] x 100% =	4,07	%	3	FAIL
• Reg Foc = [MAX(Foc,max - Fnom; Fnom - Foc, min)/Fnom] x 100% =	0,104	%	2	PASS
• Reg Fld = [MAX(Fld,max - Fnom; Fnom - Fld, min)/Fnom] x 100% =	0,103	%	2	PASS

Fig. 2.8 - Tabella test della sorgente di alimentazione (Test Fallito)

Come è possibile vedere nella Fig 2.8, sono stati inseriti tutti i valori richiesti dal documento operativo con i rispettivi limiti. Possiamo notare che la frequenza e la distorsione armonica della tensione rientrano nei limiti richiesti, mentre la differenza tra la tensione massima e la tensione nominale o la differenza tra la tensione massima e la tensione nominale non rientrano nei limiti richiesti. Poiché non sono stati rispettati tutti i requisiti, si è dichiarato che il test è stato fallito. Quindi viene inserito un **FAIL** in tutte le caselle dove viene richiesto il risultato della prova, che non è stato superato.

La seconda prova, che è stata eseguita con lo stabilizzatore collegato alla presa di corrente, ed è stata eseguita come descritto precedentemente, ha generato i seguenti dati riportati nella tabella sottostante in Fig. 2.9



Measured Quantity	Value	Meas. Unit	Limit	Result
• Voltage nominal, V nom =	230	V		
• Maximum open circuit voltage, Voc,max =	230,52	V		
• Minimum open circuit voltage, Voc,min =	230,42	V		
• Current loaded, Ild, max =	8,8	A		
• Maximum voltage loaded, Vld,max =	230,31	V		
• Minimum voltage, Vld, min =	227,33	V		
• Nominal frequency, F nom =	50	Hz		
• Maximum frequency open circuit, Foc,max =	50,01	Hz		
• Minimum frequency open circuit, Foc,min =	50,00	Hz		
• Maximum frequency loaded, Fld,max =	50,01	Hz		
• Minimum frequency loaded, Fld, min =	50,00	Hz		
• Maximum harmonic distortion open circuit, THDoc =	1,19	%	5	PASS
• Maximum harmonic distortion loaded, THDld =	1,15	%	5	PASS
• Reg Voc = $[\text{MAX}(\text{Voc,max} - \text{Vnom}; \text{Vnom} - \text{Voc, min})/\text{Vnom}] \times 100\% =$	0,225	%	3	PASS
• Reg Vld = $[\text{MAX}(\text{Vld,max} - \text{Vnom}; \text{Vnom} - \text{Vld, min})/\text{Vnom}] \times 100\% =$	1,162	%	3	PASS
• Reg Foc = $[\text{MAX}(\text{Foc,max} - \text{Fnom}; \text{Fnom} - \text{Foc, min})/\text{Fnom}] \times 100\% =$	0,0104	%	2	PASS
• Reg Fld = $[\text{MAX}(\text{Fld,max} - \text{Fnom}; \text{Fnom} - \text{Fld, min})/\text{Fnom}] \times 100\% =$	0,0104	%	2	PASS

Fig. 2.9 - Tabella test della sorgente di alimentazione (Test Passato)

Come è possibile vedere nella tabella in Fig. 2.9 sono stati inseriti tutti i dati provenienti dalla seconda prova con lo stabilizzatore di corrente; è possibile vedere che tutte e 3 le specifiche richieste dalla OD - 5010 rientrano nei limiti richiesti. Quindi la massima distorsione armonica della tensione resta sotto il 5%, quindi è superata; la differenza tra la tensione nominale e la tensione misurata massima o minima resta sotto il 3% sia senza carico, sia sotto carico; la differenza tra la frequenza nominale e la frequenza misurata massima o minima resta sotto il 2% sia senza carico, sia sotto carico. Quindi viene inserito un **PASS** in tutte le caselle dove viene richiesto il risultato della prova, a questo punto si può dichiarare la prova completamente superata. Avendo superato la prova, ora è possibile utilizzare la presa di corrente testata, per alimentare il banco frigorifero su cui andranno eseguiti tutti i test necessari per dichiarare il prodotto sicuro elettricamente e rilasciare il certificato di sicurezza elettrica CB. Qualora si voglia utilizzare un'altra presa di corrente per effettuare le prove di sicurezza elettrica, andrà ripetuto il test anche su questa presa di corrente.

## Documento Operativo IECCE OD-5014\_Instrument Accuracy Limits

Questo documento operativo non contiene particolari definizioni o procedure, ma contiene solo una tabella fondamentale per calcolare i limiti di accuratezza delle varie grandezze di misura; quindi, è fondamentale riportare questa tabella per i vari capitoli che verranno a seguire perché faranno più volte riferimento a questi limiti di accuratezza imposti dalla IECCE.

Limiti di Accuratezza Limits		
Parametri	Range	Instrument accuracy
Time	10 ms ≤ 200 ms	± 5%

	> 200 ms ≤ 1 s	± 10 ms
	> 1 s	± 1%
Lunghezza	≤ 1 mm	± 0,05 mm
	> 1 mm ≤ 25 mm	± 0,1 mm
	> 25 mm	± 0,5%
Massa	> 10 g ≤ 100 g	± 1%
	> 100 g ≤ 5 kg	± 2%
	> 5 kg	± 5%
Forze	per tutti i valori	± 6 %
Energia	per tutti i valori	± 10 %
Momento torcente	per tutti i valori	± 10 %
Angoli	per tutti i valori	± 1 °
Umidità Relativa	30% ≤ 95% RH	± 6% RH
Pressione aria	per tutti i valori	± 10 kPa
Pressione gas e fluidi	per misurazioni statistiche	± 5%
Tensione		
≤ 1000 V	≤ 1 kHz	± 1,5%
	> 1kHz ≤ 5 kHz	± 2%
	> 5 kHz ≤ 20 kHz	± 3%
	> 20 kHz	± 5%
> 1000 V	dc ≤ 20 kHz	± 3%
	> 20 kHz	± 5%
Corrente		
≤ 5 A	dc ≤ 60 Hz	± 1,5%
	> 60 Hz ≤ 5 kHz	± 2,5%
	> 5 kHz ≤ 20 kHz	± 3,5%
	> 20 kHz	± 5%
> 5 A	dc ≤ 5 kHz	± 2,5%
	> 5 kHz ≤ 20 kHz	± 3,5%
	> 20 kHz	± 5%
Dispersione di corrente		
	50 Hz ≤ 60 Hz	± 3,5%
	> 60 Hz ≤ 5 kHz	± 5%
	> 5 kHz ≤ 100 kHz	± 10%
	> 100 kHz ≤ 1 MHz	Under consideratio
Potenza (50/60 Hz)		
	≤ 3 kW	± 3%
	> 3 kW	± 5%
Fattore di potenza		
	50 ≤ 60 Hz	± 0,05%
Frequenza		
	≤ 10 kHz	± 0,2%

Resistenza		
	$1 \text{ m}\Omega \leq 100 \text{ m}\Omega$	$\pm 5\%$
	$>1 \text{ M}\Omega \leq 1 \text{ T}\Omega$	$\pm 5\%$
	$> 1 \text{ T}\Omega$	$\pm 10\%$
	per tutti gli altri casi	$\pm 3\%$
Temperatura		
	$\geq -35^\circ\text{C} < 100^\circ\text{C}$	$\pm 2^\circ\text{C}$
	$100^\circ\text{C} \leq 500^\circ\text{C}$	$\pm 3\%$
	$< -35^\circ\text{C}$	$\pm 3^\circ\text{C}$

Fig. 2.10 – Tabella dei limiti di accuratezza degli strumenti

Per ogni prova relativa ai test di sicurezza elettrica per la realizzazione del CB, si deve fare riferimento ai limiti di accuratezza della tabella in Fig. 2.10, se questi limiti non venissero rispettati, i risultati delle prove verrebbero completamente falsati. È molto importante fare sempre riferimento a questa tabella quando si valuta l'acquisto di uno strumento, quando si compiono tarature o si effettua manutenzione sugli strumenti. Nel capitolo relativo agli strumenti verrà richiamata più volte questa tabella; quindi, è importante aver presente quali siano i limiti imposti dalla IECCE.

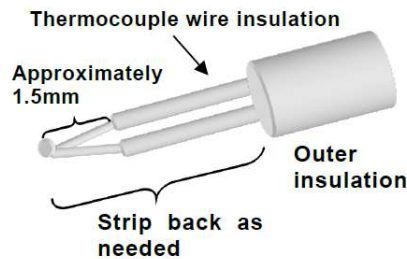
### Documento Operativo IECCE OD-5012\_Thermocouples

Il seguente paragrafo fa riferimento a uno specifico documento operativo allegato alla ISO 17025, lo scopo di questo documento è stabilire una procedura per l'accettazione del filo della termocoppia, la sua preparazione, il fissaggio, l'estensione e l'uso delle termocoppie per la misurazione della temperatura. Questa procedura si applica per le termocoppie utilizzate per il collaudo di apparecchiature elettriche e prodotti simili. Descrive pratiche validate dall'esperienza che si sono dimostrate essere utili nei collaudi, tuttavia, questa procedura non vieta l'uso di altre pratiche che possono essere altrettanto valide.

Il Laboratorio ha la responsabilità di garantire che il filo della termocoppia acquistato abbia una precisione accettabile per la tipologia di test che dovranno essere effettuati: in questo caso il filo utilizzato è una termocoppia di tipo T (rame/costantina) che ha un'accuratezza (fornita dal costruttore) di circa  $\pm 1^\circ\text{C}$ , mentre il limite di accuratezza imposto dal documento operativo IECC OD-5014\_Instrument Accuracy Limits è di  $\pm 2^\circ\text{C}$ , quindi siamo ampiamente all'interno dei requisiti minimi. Il fornitore deve inoltre fornire un certificato di conformità alla specifica, questo certificato deve includere dei test effettuati prima dell'invio della merce, in alternativa si può eseguire un test su ogni singola termocoppia; su questa specifica richiesta al laboratorio si è evidenziata una carenza, che è stata colmata con una taratura descritta nel capitolo “**Taratura bobina termocoppie**”, il certificato di taratura è stato catalogato e conservato nella documentazione del laboratorio.

**Procedura di preparazione all'uso:** Le termocoppie devono essere preparate da personale adeguatamente istruito e devono avere le seguenti caratteristiche elencate, che vengono raffigurate nel disegno Fig. 2.11

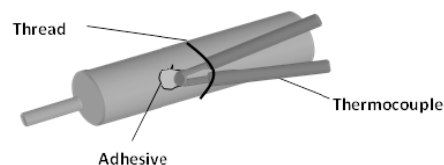
- Isolamento interno rimosso di circa 1,5 mm dalla punta
- Isolamento esterno, se presente, rimosso di circa 15 mm dalla punta
- La punta deve essere unita da un singolo punto di saldatura



*Fig. 2.11 – Caratteristiche della giunzione della termocoppia*

La giunzione tra i due filamenti rame/costantana viene realizzata tramite una saldatura con fiamma all'acetilene, il documento operativo non permette che i due filamenti vengano semplicemente intrecciati assieme, perché in questo modo non sarebbe chiara l'effettiva posizione della giunzione.

Il posizionamento della giunzione della termocoppia deve essere fatto in modo che essa raggiunga la stessa temperatura della parte in che si vuole misurare, è necessario fare attenzione che la sonda sia collegata a parti in tensione o a parti con diversa polarità, come ad esempio resistenze o alimentatori ecc. Potrebbe essere opportuno posizionare ulteriore isolamento elettrico sui conduttori, ma non sulla giunzione della termocoppia. Il fissaggio della termocoppia deve essere in buon contatto termico con la superficie del pezzo da misurare, il fissaggio deve influenzare in maniera minima la misura, ci sono diversi metodi: legatura, cementazione, adesivo, pallinatura, saldatura e brasatura. Senza dilungarci sui vari metodi, si descrive il metodo più efficace, ma anche quello più complesso che è la cementazione, realizzata con polvere di caolino miscelata o con una soluzione di silicato di sodio o è possibile usare un ciano acrilato come adesivo, questa soluzione garantisce un ottimo contatto termico tra la termocoppia e il materiale da misurare, però è anche una soluzione non reversibile: ovvero nel momento in cui dovrà essere staccata la sonda, sarà necessario tagliare il cavo quindi la giunzione non sarà più recuperabile. Per questo il metodo utilizzato nel laboratorio non è quello della cementazione, ma quello adesivo, utilizzando un nastro adesivo con una lamina in alluminio o in rame che migliora la conduzione tra termocoppia e pezzo. Qui in basso viene riportato uno schema di corretto fissaggio della termocoppia:



*Fig. 2.12 – Schema per il corretto fissaggio di una termocoppia*

Per quanto riguarda i connettori utilizzati per prolungare le termocoppie, non è necessario che siano specifici per termocoppie (anche se nel laboratorio vengono utilizzate connettori specifici per le termocoppie), ma è fondamentale che i due poli rame/costantana vengano rispettati nei connettori e nel cavo utilizzato come prolunga, inoltre è fondamentale che le connessioni delle due giunzioni siano dello stesso tipo e alla stessa temperatura e che siano uguali anche alla temperatura dello strumento di misura.

## CAPITOLO 3

### 3.0 Strumenti Di Misura

#### 3.1 Velocità Dell'Aria – Anemometri

##### Acquisto nuovo anemometro

Uno dei compiti relativi alla strumentazione è stata la valutazione per acquisto di un nuovo anemometro, il laboratorio possiede già un anemometro funzionante, ma è stato deciso di acquistarne un nuovo per evitare di restarne senza, quando il vecchio anemometro viene mandato in un laboratorio esterno per la taratura o se si guasta lo strumento. L'anemometro viene utilizzato per misurare la velocità dell'aria all'interno delle sale climatiche, poiché i test che vengono effettuati sui banchi richiedono un intervallo di velocità dell'aria molto ristretto, tra lo 0,1 m/s e lo 0,2 m/s; quindi, la sensibilità dello strumento deve essere molto elevata; infatti, per questi campi di applicazione si usano solo anemometri a filo caldo, sono gli unici che hanno una sensibilità abbastanza elevata per questo tipo di applicazioni.

##### Analisi della sensibilità e delle incertezze

Il passo successivo è stato contattare diversi fornitori per comprendere quali prodotti fossero adeguati a questo tipo di misurazioni. La ricerca attraverso i fornitori e i siti web ha portato a conoscenza di alcuni prodotti adeguati a questo utilizzo, i quali sono stati confrontati con l'anemometro vecchio per comprendere quale fosse il migliore per lo scopo. Le caratteristiche di ogni anemometro sono state inserite in una tabella Excel Fig. 3.0 per il confronto tra i vari strumenti:

	TSI 8475	EE75	EE660	TSI 9535	TSI 8465
COSTO STRUMENTO	1.400 €	1.050 €	500 €	935 €	/
COSTO TARATURA	255 €	405 €	405 €	/	/
ACCURACY	±3,0% reading ±1,0% full scale sel	[0,006-2m/s] ±0,03	[0,15-1 m/s] ±0,04m/s+2%mv	± 3,0% reading ± 0,015 m/s	±2,0%reading ±0,5% full scale sel
RANGE MINIMO	0,05-0,5 m/s	0,0-2,0 m/s	0,0-1,0 m/s	0-30 m/s	0,125 - 1,0 m/s
ERRORE SULLA MISURA	0,2 ± 0,011 m/s	0,2 ± 0,03 m/s	0,2 ± 0,044 m/s	0,2 ± 0,006 m/s	0,2 ± 0,009 m/s
ACCURACY T [°C]		± 0,5 °C		± 0,3 °C	0,009
RISOLUZIONE	0,07% of sel full scale			0,01 m/s	

Fig. 3.0 – Tabella confronto anemometri

Nella tabella in Fig. 3.0 sono stati raccolti tutti gli anemometri, che non sono stati scartati a causa di un'accuratezza poco elevata. Nella prima colonna sono state inserite le specifiche tecniche dell'anemometro già in possesso, mentre nelle successive gli anemometri provenienti da altri fornitori.

Nella prima riga è stato inserito il costo dello strumento, nella seconda il costo della taratura, nella terza riga è stata inserita l'accuracy di ogni strumento. L'Accuracy è la specifica più importante della tabella, un'elevata accuracy è data da un'elevata precisione e un'elevata trueness. Un'elevata precisione garantisce un basso valore degli errori casuali, mentre un'elevata trueness garantisce un basso valore degli errori sistematici; quindi, un'elevata accuratezza garantisce un basso valore degli errori di misura.

Come possiamo vedere in tabella l'accuratezza viene fornita dai costruttori, sotto forma di valore percentuale sulla lettura della misura oppure come valore fisso o percentuale del range selezionato per la misura. Per verificare quale strumento avesse l'accuratezza più bassa è stato calcolato l'errore sulla misura, per il range selezionato. Per esempio facciamo il calcolo dell'errore per l'anemometro già in possesso il TSI 8475, siccome abbiamo bisogno di una lettura tra i 0,1 m/s e 0,2 m/s il range minimo che è stato selezionato è 0,05-0,5 m/s, l'errore massimo su quel range è dell' 1% quindi  $\pm 0,005$  m/s mentre l'errore sulla lettura è del 3% la lettura massima di interesse è 0,2 m/s quindi otteniamo  $\pm 0,006$  m/s; l'errore sulla misura dato dalla somma dei due valori appena calcolati è  $\pm 0,011$  m/s, come si può vedere sulla sesta riga della colonna del TSI 8475, si ripete il calcolo dell'errore anche per gli altri strumenti con le dovute variazioni del range e dell'errore (che trovano si trovano nella scheda tecnica dello strumento). Una volta ottenuti tutti gli errori sulla misura si può procedere ad un confronto, tra i vari strumenti; risulta subito chiaro che tra tutti gli strumenti quello con l'errore più basso sia il TSI 8475 ovvero lo strumento di cui già siamo in possesso, il prezzo dello strumento ha un'importanza secondaria rispetto all'accuratezza; quindi, si predilige l'acquisto di un nuovo TSI 8475 di cui già conosciamo bene il funzionamento e la precisione.

### **Acquisto**

Ora che è stato scelto lo strumento da acquistare, in questo caso il TSI 8475, si può procedere richiedendo un'offerta al fornitore; una volta ottenuta l'offerta, deve essere approvata dal Manager del Laboratorio, ottenuta l'approvazione dal Manager è possibile comunicare all'ufficio acquisti attraverso una Richiesta d'Acquisto (RDA), che si vuole procedere con l'acquisto dello strumento. Una volta che il fornitore è stato pagato, procederà con la preparazione e la spedizione dello strumento. Quando lo strumento sarà arrivato nello stabilimento, dovrà essere ritirato nel magazzino dell'entrata merci; lo strumento arriva con il manuale e il certificato di taratura che verrà archiviato, il certificato eseguito su N punti di taratura garantisce il corretto funzionamento dello strumento e l'errore che si ha su quel punto della taratura.

### **Assemblaggio e test preliminari**

L'anemometro arriva con la sua sonda collegata al modulo di elaborazione dei dati, dove è presente anche il display che fornisce la lettura istantanea della velocità dell'aria. L'assemblaggio consiste solo nel riporre lo strumento in un box (Fig. 3.1) per proteggerlo da eventuali urti, mentre la sonda ha un involucro dedicato fornito dal costruttore.



*Fig. 3.1 – Box dell'anemometro con relativo display per la lettura istantanea*

Successivamente si procede con la configurazione del modulo selezionando il range di velocità dell'aria desiderato attraverso i tasti sotto il display, l'output analogico è da 0-5 V quindi per esempio: se il range selezionato è da 0,05-0,5 m/s il segnale che corrisponde a 0,05 m/s è 0 V, mentre a 0,5 m/s corrispondono 5 V. È chiaro che più il range selezionato sarà ampio più la sensibilità dello strumento sarà bassa, quindi viene consigliato dal costruttore utilizzare sempre il range più piccolo possibile necessario per la misura. Una volta che i valori del range e dell'output analogico sono stati impostati anche su software di acquisizione, è possibile incominciare ad acquisire dati ed effettuare le prime prove.

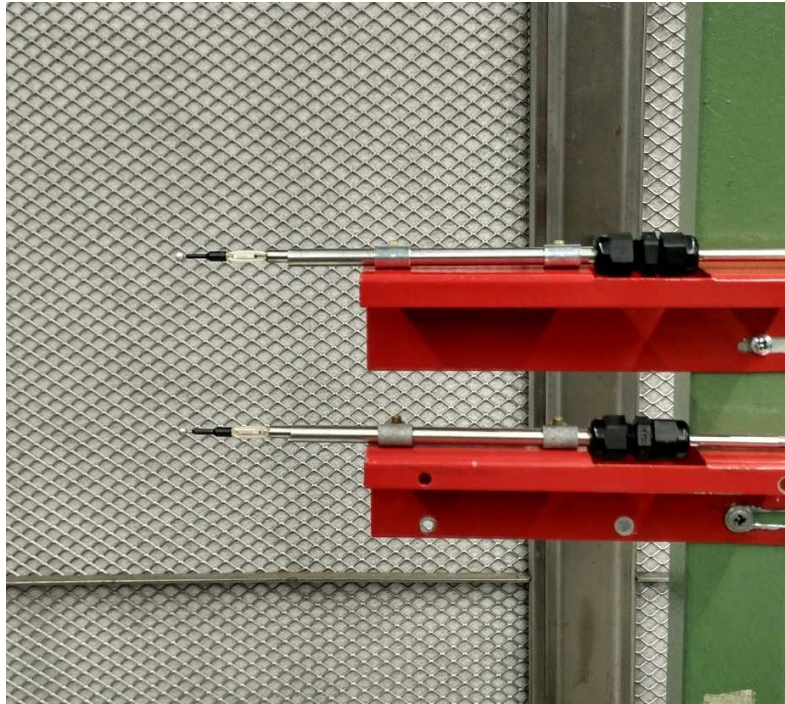
### **Confronto tra anemometri**

Ora che l'anemometro è stato assemblato e configurato, è possibile posizionarlo all'interno di una sala climatica per verificarne le sue prestazioni, una volta che è stato acceso, collegato e verificato che funzioni correttamente e possibile confrontarlo con l'anemometro già in possesso del laboratorio. Sono stati appaiati i due anemometri nella sala climatica per verificare se le misurazioni fatte sono uguali o contengono un errore, è possibile visualizzare la misura istantaneamente dai display o registrata dal software di acquisizione.





*Fig. 3.2 – Prova di confronto tra anemometri all'interno della sala climatica*



*Fig 3.3 – Sonde degli anemometri appaiate*

Una volta ottenuta la prima acquisizione con l'acquisitore dati è possibile trasferire i valori in un foglio di calcolo e incominciare una semplice analisi tra le misure del vecchio e nuovo strumento, nell'Excel vengono riportati: nella prima colonna la data e l'ora dell'acquisizione, nella seconda i valori della velocità [m/s] del nuovo strumento, nella terza colonna i valori della velocità [m/s] del vecchio strumento, nella quarta colonna viene riportato l'errore tra la misura con lo strumento nuovo e lo strumento vecchio, nella quinta colonna viene riportato l'errore medio. Il dato più interessante è lo scostamento medio/errore medio, che risulta essere di circa  $E_m = 0,007$  [m/s] per un range di misure da 0,1 [m/s] a 0,2 [m/s] risulta essere molto basso poiché è due decimali sotto la misura effettuata però non è del tutto ininfluenza.

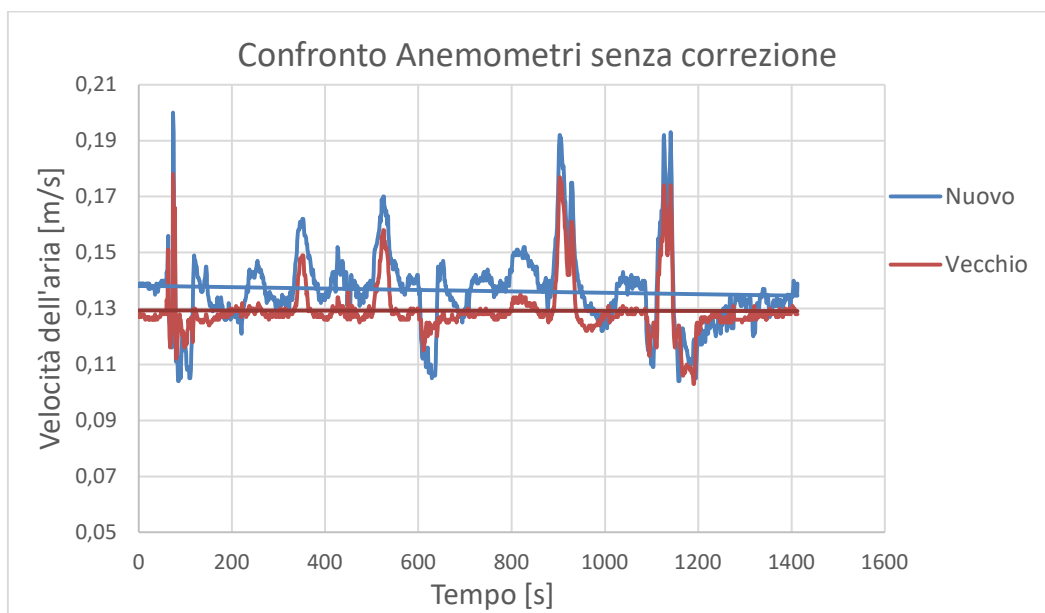


Fig. 3.4 – Confronto anemometri Nuovo e Vecchio

Come è possibile vedere nel grafico sopra riportato in Fig. 3.4, viene riportato l'andamento della velocità della aria in funzione del tempo, anche qui come calcolato dai dati è evidente che ci sia uno scostamento tra le misure. Questo scostamento è evidenziato ancora di più dalle linee di tendenza lineari, l'errore è chiaramente di tipo sistematico e quindi si forma un gap costante tra le misurazioni del nuovo e vecchio strumento. È possibile correggere gli errori di tipo sistematico, attraverso il software di acquisizione: è sufficiente ricavare la curva di regressione, che in questo caso è una ratta, ed inserirla nel programma, il software automaticamente correggerà ogni misura con la nuova curva di regressione.

La curva di regressione viene ricavata dal certificato di taratura che ci fornisce il laboratorio esterno. Qui sotto in Fig. 3.5 si riporta la tabella i punti di taratura presenti nel certificato, su questi 5 punti verrà costruita la retta di regressione.

## 6- RESULTATS DE MESURE / MEASUREMENT RESULTS

	Vr	Vi	Vi conv	Ecart type	Erreur (Vi-Vr)	Incertitude d'étalonnage
	m.s <sup>-1</sup>	V	m.s <sup>-1</sup>	m.s <sup>-1</sup>	m.s <sup>-1</sup>	m.s <sup>-1</sup>
Point n°1	0,084	0,444	0,089	0,001	0,005	0,023
Point n°2	0,148	0,715	0,143	0,001	-0,005	0,024
Point n°3	0,306	1,457	0,291	0,005	-0,014	0,028
Point n°4	0,494	2,413	0,483	0,001	-0,012	0,029
Point n°5	0,988	4,966	0,993	0,004	0,005	0,036

Fig. 3.5 – Punti di misura del Certificato di Taratura

Ora che si conoscono i punti di taratura si può costruire la retta di regressione, per inserire i punti sul grafico metteremo sull'asse x l'uscita in tensione del nostro strumento, mentre sull'asse y inseriremo la velocità dell'aria misurata dallo strumento di riferimento, usato per la taratura. Attraverso questi punti si può ricavare la pendenza **A** della retta e l'intercetta **B** che incrocia la retta sull'asse delle y.

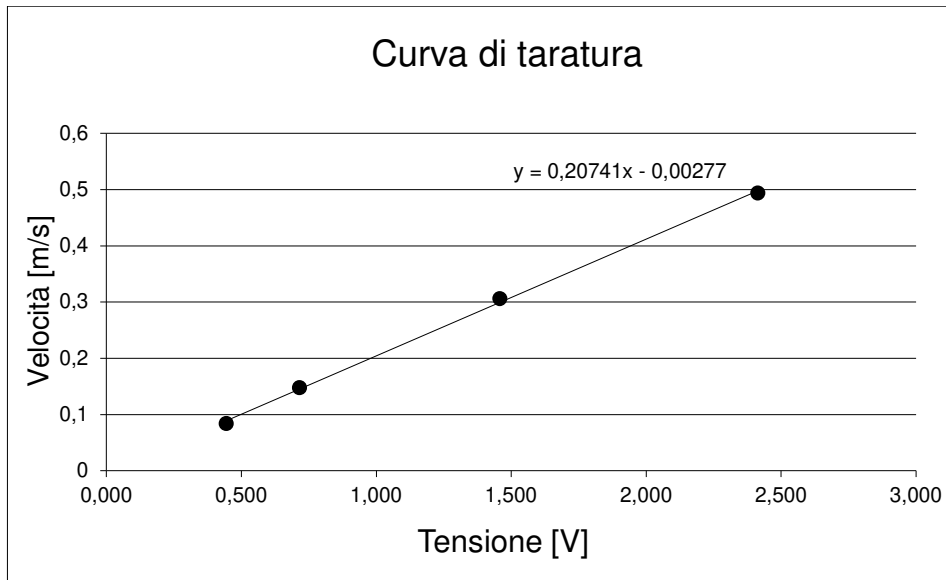


Fig. 3.6 – Curva di regressione

Come vediamo nella curva di regressione la pendenza **A**=0,2074 e la **B**= - 0,0028, questi sono i valori della retta che andranno inseriti nel software di acquisizione.

Ora che il vecchio strumento è stato corretto, si può procedere con un'altra acquisizione per verificare che l'errore tra lo strumento nuovo e quello vecchio sia ridotto. Si ripetono le stesse procedure descritte precedentemente, per poter ricavare nuovamente il grafico riportato in Fig. 3.7. È possibile notare come le linee di tendenza si siano avvicinate rispetto all'acquisizione precedente, successivamente viene calcolato anche l'errore medio tra i due strumenti:  $E_m=0,0003$  [m/s]. L'errore medio è diminuito sensibilmente passando da 0,007 a 0,0003 quindi è diminuito di un decimale. Il beneficio della retta di regressione è evidente, ha abbassato notevolmente l'errore sistematico tra i due strumenti, rendendo le letture quasi identiche.

Una volta confermato il beneficio dato dalla curva di regressione, si procede a validare il file Excel, dove verrà salvata la retta di regressione utilizzata per la correzione. Come ultima operazione prima di riporre gli strumenti nell'apposito magazzino, vengono applicate le etichette con il codice dello strumento e la nuova data di taratura che ha validità un anno, poi viene creata la nuova scheda strumento per il nuovo anemometro appena acquistato e vengono archiviati i documenti relativi al nuovo strumento e ai certificati di taratura. Completati anche questi passaggi, si può dichiarare conclusa l'analisi sugli anemometri, in quanto abbiamo due strumenti perfettamente funzionanti e pronti all'uso.

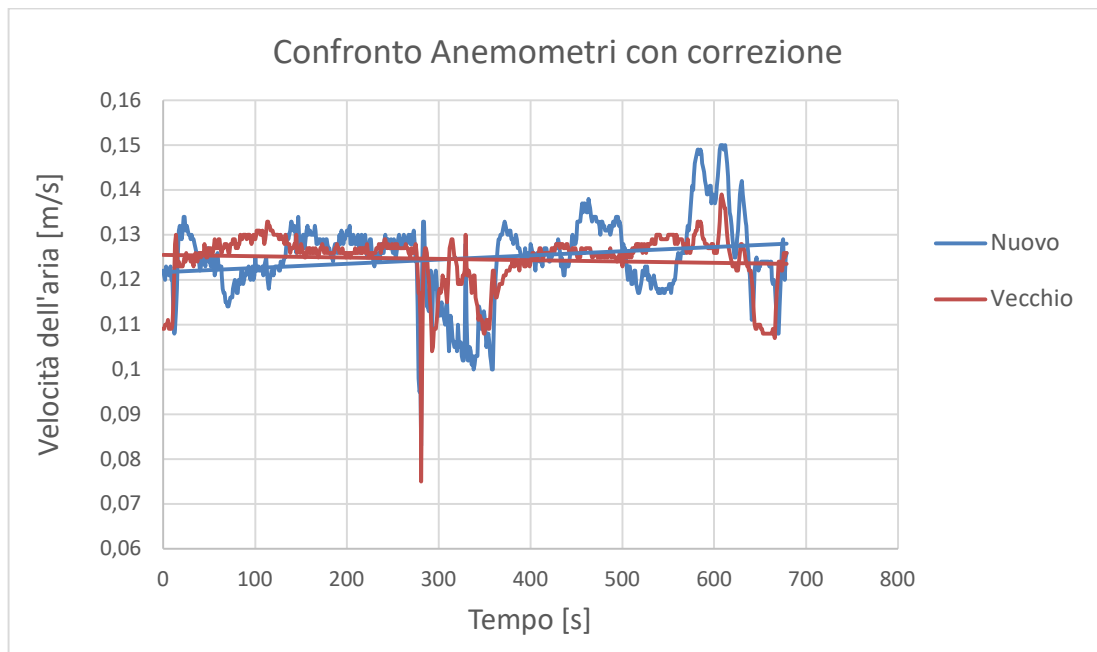


Fig. 3.7 – Secondo Confronto anemometri Nuovo e Vecchio

## 3.2 Potenza – Analizzatore Di Rete

### Taratura Wattmetri

Per assicurare che i test sui consumi del banco frigorifero eseguiti nel laboratorio siano attendibili, si devono compiere delle verifiche periodiche sulla strumentazione per essere certi che misurino correttamente i valori acquisiti. Questa verifica della strumentazione viene fatta attraverso le Tarature: ovvero vengono messi a confronto i due wattmetri sottoposti alla stessa sorgente di alimentazione e alla stessa fonte di consumo/carico. Dei due wattmetri che vengono messi: uno viene utilizzato come misura di riferimento, strumento Primario, mentre il Secondo wattmetro è quello di cui va verificata la misura, per assicurare che la lettura data dallo strumento rientri nell'intervallo massimo di errore ammissibile rispetto alla misurazione dello strumento primario.

### Procedura

La prima cosa da fare è preparare la configurazione con cui andranno eseguite le tarature. Lo schema riportato qui sotto in Fig. 3.8

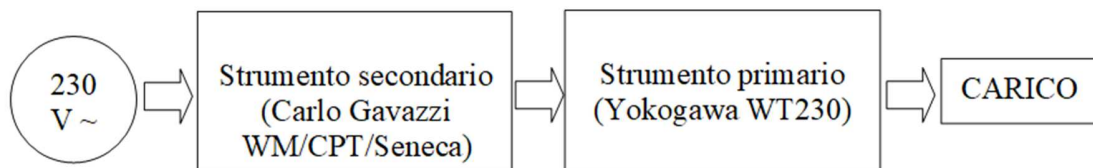
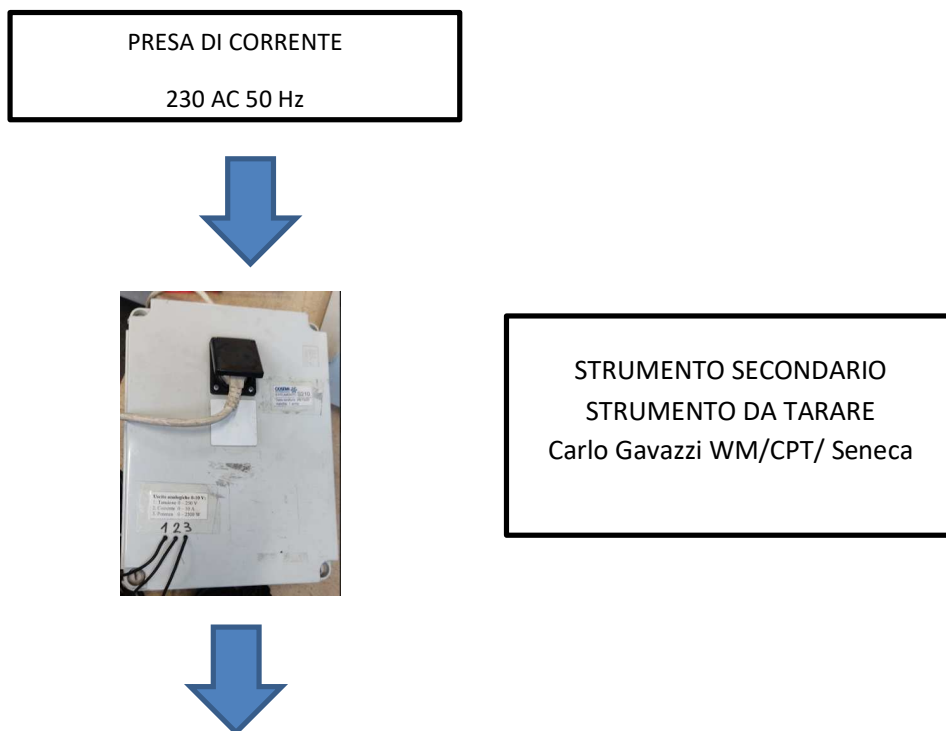


Fig. 3.8 - Configurazione Wattmetri per le Tarature

Lo schema di collegamento dei Wattmetri per le tarature è molto semplice: alla presa di corrente viene collegato lo strumento secondario, ovvero lo strumento che deve essere tarato e di cui va dimostrata la bontà delle misurazioni fatte. Allo strumento secondario viene collegato lo strumento primario, ovvero quello che servirà come riferimento della misurazione; il primario garantisce una misurazione di riferimento corretta poiché a sua volta è stato tarato da un laboratorio esterno certificato; quindi, sappiamo che le misurazioni effettuate con lo strumento primario sono state verificate e certificate. Allo strumento primario viene collegato un carico di tipo resistivo, viene utilizzato un box con all'interno delle resistenze con consumi nominali differenti, con la possibilità di accendere e spegnere le singole resistenze, così da simulare differenti carichi resistivi e differenti consumi, il box va da un minimo di 15 Watt a un massimo di 3750 Watt.





STRUMENTO PRIMARIO  
STRUMENTO DI RIFERIMENTO  
YOKOGAWA WT230



BOX CARICHI RESISTIVI

*Fig. 3.8 – Configurazione dei degli strumenti per la Taratura dei Wattmetri*

### **Problematiche**

Il modulo del primario è provvisto di display, mentre i moduli degli strumenti secondari, alcuni sono provvisti di display mentre altri sono ciechi. Solitamente il fatto che i moduli sono ciechi non è un problema, perché i canali di output analogici del modulo vengono collegati direttamente all'acquisitore e da lì visualizzati sul computer. Ma per effettuare una corretta taratura degli strumenti, non vanno lette le misurazioni attraverso l'acquisitore dati altrimenti non si riuscirebbe a comprendere quale sia l'errore del Wattmetro e quale sia invece l'errore dell'acquisitore dati. Quindi per verificare l'intera catena di misura, si deve tarare singolarmente ogni componente: sia il Wattmetro, sia l'acquisitore dati.

Per risolvere il problema della lettura delle misurazioni sui moduli ciechi senza l'ausilio dell'acquisitore dati, dovrà essere utilizzato un multimetro digitale. Tutti i canali dei Wattmetri sono Output Analogici con uscite in tensione continua con due range: 0-10 V e 0-5 V DC. Quindi sono Output facilmente misurabili con un multimetro digitale. Per questa lettura sono stati utilizzati due multimetri digitali della FLUKE riportati in Fig. 3.9 e in Fig. 3.10



*Fig. 3.9 - Multimetro Digitale FLUKE interno al laboratorio*



*Fig. 3.10 - Multimetro Digitale FLUKE Certificato, dal reparto della qualità*

Il Multimetro Digitale FLUKE in Fig. 3.9, è un multimetro digitale interno del laboratorio su cui però non viene fatta alcuna attività di taratura da un laboratorio esterno, quindi non possiamo considerarlo completamente affidabile. Per aggirare questo problema, è stato chiesto in prestito un altro Multimetro Digitale FLUKE in Fig. 3.10 proveniente dal laboratorio della qualità, questo multimetro diversamente dal precedente, viene tarato annualmente da un laboratorio esterno; quindi, le misurazioni effettuate con questo strumento possono considerarsi attendibili. La scelta di utilizzare due multimetri è stata fatta per verificare, che le letture degli output analogici eseguite con gli strumenti del laboratorio fossero attendibili.



## Raccolta dati

Una volta disposti gli strumenti nel modo descritto in Fig. 3.8 è possibile incominciare le misurazioni e l'acquisizione delle letture. I punti di lettura non sono uguali per tutti gli strumenti, ma vengono definiti in base al fondo scala, ad es. se abbiamo un fondo scala di 1500 W i punti di lettura possibili sono: 200 W, 400 W, 600 W, 800 W, 1350 W, 1500W. Le letture con valore inferiore al 10% del fondo scala non vengono considerate, perché il segnale dell'Output è molto basso e quindi porta con sé un errore molto rilevante rispetto alla misura.

Definiti i punti di lettura si può procedere con l'acquisizione, Procedura:

- Si imposta il carico desiderato, si attende 15 min che la resistenza si stabilizzi
- Si acquisisce il valore istantaneo dal display dello strumento Primario
- Si acquisisce il valore istantaneo del display dello strumento Secondario
- Si acquisisce il valore istantaneo dall'Output analogico dello strumento Secondario, attraverso il Multimetro digitale
- Viene ripetuta l'acquisizione per 10 volte
- Viene impostato un altro valore di carico

I dati vengono raccolti in un file Excel, viene generato una pagina Excel per ogni strumento, che è stato tarato. In ogni scheda vengono riportati i seguenti dati:

- Codice dello strumento da tarare
- Modello dello strumento da tarare
- Modello dello strumento primario
- Incertezza fornita dal costruttore dello strumento da tarare
- Incertezza fornita dal costruttore dello strumento primario
- Range di misura utilizzato
- Data della taratura
- Luogo di esecuzione della taratura
- Nome dell'operatore
- Firma dell'operatore
- Tabella dove vengono riportati i dati della taratura
- Grafico della curva di regressione
- Grafico Accuratezza/Errore

I dati elencati qui sopra sono gli stessi che si possono trovare in un certificato di taratura emesso da un laboratorio esterno. Le incertezze degli strumenti si possono trovare nella scheda tecnica o datasheet forniti dal costruttore, solitamente vengono espresse con un numero percentuale rispetto alla misura e al range.

## Tabella taratura

La tabella è suddivisa in colonne che riportano nell'ordine elencato i seguenti dati: Fondo scala, Potenza/Corrente/Tensione misurata dal primario, Potenza/Corrente/Tensione misurata dal secondario, Incertezza del secondario, Errore calcolato come la differenza tra la misura del primario e la misura del secondario, Errore ammissibile, Esito della misura. Il fondo scala è definito dallo strumento e da come è stato configurato, le misure sia del primario sia del secondario sono la media aritmetica delle 10 acquisizioni fatte con il carico resistivo, che era stato impostato ad uno specifico valore, questa media viene eseguita per tutti i punti di taratura effettuati.

## Calcolo dell'incertezza

A questo punto è possibile calcolare l'incertezza: ci sono due tipologie di incertezza e due metodi per calcolarla: Incertezza tipo A, Incertezza tipo B.

### Incertezza tipo A

Il calcolo dell'incertezza di tipo A è una procedura sperimentale, che si basa sul ripetere molte volte la stessa misura e ottenere quindi più valori ripetuti dell'uscita dello strumento. Ripetuta  $n$  volte la misura  $X_i$ , si procede con il calcolo della media campionaria:

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Dove  $n$  è il numero delle misure e  $X_i$  è il valore della misura  $i$ -esima

Successivamente si calcola la varianza campionaria:

$$S_n^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2$$

Dove  $\bar{X}_n$  è il valore della media campionaria. La varianza campionaria è una stima della varianza della popolazione. A questo punto è possibile ricavare l'intervallo di incertezza, all'interno di questo intervallo ci si aspetta che rientri il valore atteso, ovvero i valori che verranno misurati successivamente.

$$\bar{X}_n - \frac{S_n}{\sqrt{n}} \leq \text{Valore Atteso o Grandezza Aleatoria} \leq \bar{X}_n + \frac{S_n}{\sqrt{n}}$$

## Incertezza tipo B

Nell'incertezza di tipo B, non viene eseguito un calcolo su una popolazione di campioni, ma è una stima basata su conoscenze a priori. La conoscenza a priori viene data dalle specifiche tecniche fornite dal costruttore, l'accuratezza è riassunta in una tabella riportata nel manuale dello strumento.

Qui di seguito vengono riportate le accuracy delle misure sulla potenza, degli strumenti primari e secondari:

1. YOKOGAWA WT230 =  $\pm (0,1\% \text{ of the reading} + 0,1\% \text{ of the range})$  [W]
2. GAVAZZI WM =  $\pm (1\% \text{ reading} + 1 \text{ digit})$  [W]
3. GAVAZZI CPT =  $\pm (1\% \text{ fondoscala} + 1 \text{ digit})$  [W]
4. SENECA =  $\pm 0,5\% \text{ reading}$  [W]

Sfortunatamente i costruttori non ci forniscono nessuna informazione sul tipo di distribuzione, o sul livello di confidenza, quindi non abbiamo nessuna informazione ulteriore, in questi casi si deve applicare la distribuzione di tipo uniforme, per stimare l'incertezza di tipo B. La distribuzione di tipo uniforme è una distribuzione di tipo rettangolare; quindi, avremo la stessa probabilità di misurare un dei valori all'interno dell'intervallo e nessuna probabilità di misurare i valori al di fuori dell'intervallo.

La densità di probabilità è della distribuzione uniforme è:

$$f(x) = \frac{1}{a}$$

Dove  $a$  è l'ampiezza dell'intervallo, e lo scarto tipo è:

$$\sigma = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

Secondo la Norma UNI-CEI-ENV-13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura" o più brevemente ISO GUM: è possibile stimare solo i limiti inferiore e superiore. Questo è il caso di "completa ignoranza" e, secondo la GUM, equivale ad assumere un livello di confidenza pari al 100% che il valore sia dentro ai limiti. Si assume una distribuzione Uniforme e l'incertezza standard è pari a:

$$\frac{\text{SemiAmpiezza}}{\sqrt{3}}$$

Ora è possibile calcolare con entrambi i metodi A e B l'incertezza, confrontare i due valori e scegliere quale sia il più appropriato tra i due. Qui sotto viene riportato un esempio di calcolo dell'incertezza di tipo A e di tipo B.

Carico Applicato	W	W lett	Output in Volt	Output in Watt	Media		Var campionaria (Sn)^2	Dev standard (Sn)	Intervallo Valore Atteso	
50	49,3	49	0,319	47,85	47,19	0,44	0,19	0,43	47,33	47,05
	49,1	49	0,318	47,70		0,26				
	49,1	48	0,318	47,70		0,26				
	49,1	48	0,312	46,80		0,15				
	49	48	0,311	46,65		0,29				
	49,2	49	0,311	46,65		0,29				
	49,1	49	0,313	46,95		0,06				
	49	48	0,313	46,95		0,06				
	49,3	48	0,315	47,25		0,00				
	49,1	49	0,316	47,40		0,04				
200	223	224	1,482	222,30	222,02	0,08	0,10	0,31	222,11	221,92
	223	225	1,482	222,30		0,08				
	223	224	1,475	221,25		0,59				
	222	224	1,481	222,15		0,02				
	223	225	1,482	222,30		0,08				
	223	225	1,479	221,85		0,03				
	222	225	1,481	222,15		0,02				
	221	224	1,479	221,85		0,03				
	223	224	1,479	221,85		0,03				
	223	223	1,481	222,15		0,02				
650	648	652	4,32	648,00	648,60	0,36	4,59	2,14	649,28	647,92
	649	649	4,3	645,00		12,96				
	646	646	4,32	648,00		0,36				
	646	650	4,34	651,00		5,76				
	650	651	4,33	649,50		0,81				
	649	653	4,33	649,50		0,81				
	647	656	4,34	651,00		5,76				
	647	647	4,32	648,00		0,36				
	648	646	4,3	645,00		12,96				
	646	650	4,34	651,00		5,76				
800	812	815	5,42	813,00	817,50	20,25	10,80	3,29	818,54	816,46
	812	817	5,44	816,00		2,25				
	813	817	5,45	817,50		0,00				
	818	830	5,49	823,50		36,00				
	823	826	5,46	819,00		2,25				
	820	827	5,45	817,50		0,00				
	815	816	5,47	820,50		9,00				

	815	816	5,47	820,50		9,00				
	812	820	5,42	813,00		20,25				
	813	828	5,43	814,50		9,00				
1500	1520	1537	10,22	1533,00	1532,25	0,56	29,36	5,42	1533,96	1530,54
	1520	1524	10,15	1522,50		95,06				
	1519	1534	10,25	1537,50		27,56				
	1523	1542	10,26	1539,00		45,56				
	1523	1540	10,23	1534,50		5,06				
	1520	1545	10,17	1525,50		45,56				
	1520	1531	10,17	1525,50		45,56				
	1519	1538	10,24	1536,00		14,06				
	1522	1541	10,22	1533,00		0,56				
	1522	1542	10,24	1536,00		14,06				

Fig. 3.11 – Tabella calcolo Incertezza Tipo A

Nella tabella riportata qui sopra in Fig. 3.11 viene calcolata l'incertezza di tipo A, nelle colonne della tabella (partendo da destra) vengono riportati i seguenti dati: carico resistivo applicato al sistema, Potenza letta dal primario, Potenza letta dal Display del secondario, Volt letti dall'output analogico, Potenza letta dall'output analogico in Watt, Media, Scarto al quadrato, Varianza campionaria, Deviazione standard, limiti dell'intervallo in cui rientra il valore atteso.

Una problematica a cui è sottoposta l'incertezza di Tipo A è data dal box dei carichi resistivi, poiché anche le resistenze non hanno un consumo costante, il consumo è influenzato da molti valori come temperatura e ventilazione del box. Per questo motivo quando viene acceso un carico resistivo si deve attendere 15 min che il consumo della resistenza si stabilizzi, prima di poter acquisire i primi dati. Un'azione correttiva richiesta, per evitare problematiche di questo genere, è disporre 24h prima della prova all'interno della sala, dove verranno effettuate le prove, tutta la strumentazione necessaria per la taratura. Anche con queste precauzioni resta il consumo della resistenza non sarà mai perfettamente costante, ma possiederà delle oscillazioni che sono intrinseche alla resistenza. Queste oscillazioni sono poco rilevanti per quanto riguarda la misura, però sicuramente incidono parzialmente sul calcolo della deviazione standard e sull'incertezza di Tipo A. Le oscillazioni rientrano esattamente nella categoria degli Errori casuali, che al contrario degli errori sistematici, non è possibile correggere con formule o con curve di taratura.

Carico Applicato	W Primario	W Display	Output in Volt	Output in Watt	Accuracy Secondario	Accuracy Primario
50	49,3	49	0,319	47,85	0,58	1,50
	49,1	49	0,318	47,70	0,58	1,50

	49,1	48	0,318	47,70	0,58	1,50
	49,1	48	0,312	46,80	0,57	1,50
	49	48	0,311	46,65	0,57	1,50
	49,2	49	0,311	46,65	0,57	1,50
	49,1	49	0,313	46,95	0,57	1,50
	49	48	0,313	46,95	0,57	1,50
	49,3	48	0,315	47,25	0,57	1,50
	49,1	49	0,316	47,40	0,57	1,50
200	223	224	1,482	222,30	2,32	1,50
	223	225	1,482	222,30	2,32	1,50
	223	224	1,475	221,25	2,31	1,50
	222	224	1,481	222,15	2,32	1,50
	223	225	1,482	222,30	2,32	1,50
	223	225	1,479	221,85	2,32	1,50
	222	225	1,481	222,15	2,32	1,50
	221	224	1,479	221,85	2,32	1,50
	223	224	1,479	221,85	2,32	1,50
	223	223	1,481	222,15	2,32	1,50
650	648	652	4,32	648,00	6,58	1,51
	649	649	4,3	645,00	6,55	1,51
	646	646	4,32	648,00	6,58	1,51
	646	650	4,34	651,00	6,61	1,51
	650	651	4,33	649,50	6,60	1,51
	649	653	4,33	649,50	6,60	1,51
	647	656	4,34	651,00	6,61	1,51
	647	647	4,32	648,00	6,58	1,51
	648	646	4,3	645,00	6,55	1,51
	646	650	4,34	651,00	6,61	1,51
800	812	815	5,42	813,00	8,23	1,51
	812	817	5,44	816,00	8,26	1,51
	813	817	5,45	817,50	8,28	1,51
	818	830	5,49	823,50	8,34	1,51
	823	826	5,46	819,00	8,29	1,51
	820	827	5,45	817,50	8,28	1,51
	815	816	5,47	820,50	8,31	1,51
	815	816	5,47	820,50	8,31	1,51
	812	820	5,42	813,00	8,23	1,51
	813	828	5,43	814,50	8,25	1,51
1500	1520	1537	10,22	1533,00	15,43	1,52
	1520	1524	10,15	1522,50	15,33	1,52
	1519	1534	10,25	1537,50	15,48	1,52
	1523	1542	10,26	1539,00	15,49	1,52

	1523	1540	10,23	1534,50	15,45	1,52
	1520	1545	10,17	1525,50	15,36	1,52
	1520	1531	10,17	1525,50	15,36	1,52
	1519	1538	10,24	1536,00	15,46	1,52
	1522	1541	10,22	1533,00	15,43	1,52
	1522	1542	10,24	1536,00	15,46	1,52

Fig. 3.12 – Tabella calcolo Incertezza Tipo B

Nella tabella riportata qui sopra in Fig. 3.12 viene calcolata l'incertezza di tipo B, nelle colonne della tabella (partendo da destra) vengono riportati i seguenti dati: carico resistivo applicato al sistema, Potenza letta dal primario, Potenza letta dal Display del secondario, Volt letti dall'output analogico, Potenza letta dall'output analogico in Watt, Incertezza calcolata in base all'accuratezza dello strumento Secondario, Incertezza calcolata in base all'accuratezza dello strumento Primario.

### Un confronto due incertezze appena calcolate

Ora che sono state calcolate le incertezze dello **strumento secondario** con due modi differenti è possibile confrontare i due metodi. Nella Fig. 3.13 vengono riportate le incertezze calcolate per differenti valori di lettura della potenza: possiamo vedere che per valori di lettura della potenza bassi (intorno ai 50) le due tipologie di incertezza sono molto simili, mentre per valori di lettura più alti, sono molto diverse. Questo aumento è dovuto al fatto che l'incertezza di Tipo B è calcolata con un valore percentuale della grandezza letta; quindi, in questo caso i valori risultano crescenti e si scostano di molto dai valori del Tipo A.

Incetezza	50	200	650	800	1500
Tipo A	0,43	0,31	2,14	3,29	5,42
Tipo B	0,57	2,32	6,58	8,28	15,43

Fig. 3.13 – Tabella Confronto incertezze Tipo A e Tipo B dello Strumento Secondario

Quindi l'incertezza di Tipo A basata sul calcolo della varianza campionaria genera un intervallo del valore atteso, più piccolo dell'incertezza di Tipo B ricavata con i dati forniti dal costruttore. In questo caso quando abbiamo l'opzione tra le due incertezze possibili viene sempre scelta l'opzione che possiede l'intervallo più grande. Allora per i passaggi successivi (incertezza combinata, incertezza estesa) verrà utilizzata l'incertezza di Tipo B, poiché appunto otterremo un intervallo maggiore; quindi, una maggiore possibilità che il valore atteso ricada all'interno dell'intervallo.

### **Incertezza combinata (caso monodimensionale)**

Quando si deve stimare l'incertezza su **Y** (Grandezza di interesse che in questo caso è la Potenza [W]), conoscendo le incertezze sulle singole **X<sub>i</sub>**. Si parla di “propagazione” dell'incertezza dalle **X<sub>i</sub>** alla **Y**.

$$Y = g (X_1, X_2, X_3, \dots X_n)$$

Le grandezze **X<sub>i</sub>** comprendono:

1. L'uscita principale **X** dello strumento;
2. Gli scostamenti  $\Delta X_i$  delle grandezze di disturbo (scostamenti rispetto alle condizioni di taratura);
3. Parametri **X<sub>i</sub>** dello strumento o grandezze coinvolte in una misura indiretta.

Nel seguito si riportano due esempi applicativi:

1. Utilizzo di uno strumento reale con grandezze di disturbo e parametri (propri dello strumento)
2. Misure indirette: la grandezza di interesse (Y) deriva dalla misura diretta di altre grandezze ( $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ )

La casistica in cui ricade il Wattmetro è sicuramente il primo tra i due esempi applicativi, abbiamo uno strumento che ci fornisce un output in Volt su quale viene ricavata la grandezza di interesse. I contributi che vengono inseriti nell'incertezza combinata sono i seguenti:

- Incertezza dello strumento secondario
- Incertezza dello strumento primario
- Grandezza di disturbo: Temperatura (opzionale)
- Risoluzione dello strumento (opzionale)

Come è stato riportato sopra, sia per il secondario sia per il primario è stata ricavata l'incertezza (Tipo B) attraverso i dati forniti dal costruttore, i valori vengono riportati in Fig. 3.12 nelle colonne sotto “Accuracy del Primario” e “Accuracy del Secondario”. Mentre il disturbo dato dalla variazione di temperatura non è stato possibile calcolarlo poiché la sala dove sono state effettuate le prove di temperatura, anche se è a temperatura controllata, non è possibile modificare la temperatura per effettuare le tarature. A causa di questo non è possibile inserire il disturbo della temperatura all'interno dell'incertezza combinata, e di conseguenza non è neanche possibile correggere il disturbo attraverso delle curve di calibrazione dedicate (in base alla temperatura ambiente). L'incertezza combinata è lo scarto tipo di una variabile ottenuta dalla propagazione di variabili aleatorie, è la radice quadrata della combinazione lineare dei quadrati degli scarti tipo. Poste queste premesse ora è possibile calcolare l'incertezza combinata con la seguente formula:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u_{sec}^2 + c_2^2 \cdot u_{prim}^2}$$



Nella seguente equazione sono presenti, coefficienti C1 e C2, che sono i relativi indici di sensibilità che servono per ponderare il valore di quella specifica incertezza sulla totalità, ad esempio possono esserci variazioni di parametri  $X_i$  molto piccole, che influiscono sull'incertezza combinata in modo molto pesante, in questo caso verrà utilizzato un coefficiente con valore elevato. Ritornando al caso in esame, non è stato necessario inserire nessun coefficiente; quindi, gli indici di sensibilità sono rimasti con valore unitario, vengono inseriti i valori ricavati dalla tabella Fig. 3.12 con  $u_{sec}$  che è l'accuracy dello strumento secondario mentre  $u_{prim}$  è l'accuracy dello strumento primario. Come esempio ricaviamo l'Incertezza combinata del wattmetro con un carico resistivo di 200 Watt:

$$u_c = \sqrt{(1)^2 \cdot (2,32)^2 + (1)^2 \cdot (1,50)^2} = \sqrt{7,63} = 2,76$$

Ora che è stata ricavata l'incertezza combinata è possibile calcolare l'incertezza di tipo estesa.

### **Incertezza di tipo estesa (caso monodimensionale)**

L'incertezza tipo permette di calcolare un intervallo di valori caratterizzato da un livello di confidenza qualsiasi (tipo = 68.3%, estese = 95%, 99.7%, ...), attraverso un coefficiente moltiplicativo detto fattore di copertura K.

$$U = K \cdot u_c(y)$$

Il fattore di copertura viene scelto in base al rischio di definire un intervallo (di incertezza) che non comprende il valore vero, del misurando.

NB: nel caso di alcune misure biomedicali si desidera avere un rischio tendente a 0, il fattore di copertura può quindi assumere valori anche molto maggiori di 3. Ad esempio, nella progettazione di un componente che mette in pericolo l'incolumità di persone, si utilizza anche  $6\sigma$ .

Per il passaggio dall'incertezza tipo combinata all'incertezza estesa, la GUM usa la distribuzione di Gauss. Se l'incertezza tipo combinata è ottenuta con la formula di propagazione non si conosce la PDF del risultato della misura. Quindi, l'utilizzo della distribuzione normale per trovare il fattore di copertura è una assunzione, ed è la seconda principale semplificazione introdotta dalla GUM (la prima principale semplificazione è la linearizzazione nella fase di propagazione dell'incertezza tipo). Quindi a causa del processo approssimativo di valutazione dell'incertezza di misura scegliamo il fattore di copertura K così da individuare il livello di confidenza desiderato, i valori notevoli normalmente utilizzati sono:

- $K=1$  definisce un livello di confidenza = 68,3%
- $K=2$  definisce un livello di confidenza = 95,5%
- $K=3$  definisce un livello di confidenza = 99,7%

Quando viene scelto il fattore di copertura K è opportuno scegliere un livello di confidenza non troppo piccolo per evitare, che troppi valori siano all'esterno dell'intervallo calcolato al cui interno sarà presente il valore atteso, e non troppo grande per evitare, che l'intervallo sia troppo ampio. Sulla base di questi presupposti viene è stato scelto un Fattore di copertura  $K = 2$ .

Ora conoscendo l'incertezza combinata  $u_c = 2,76$ , la media campionaria, il fattore di copertura ricaviamo l'intervallo di incertezza, sempre per una misura del wattmetro con carico resistivo da 200 Watt:

$$\bar{X} \pm K \cdot u_c(y)$$

$$222,02 - 2 \cdot 2,76 \leq X \leq 222,02 + 2 \cdot 2,76$$

$$216,49 \leq X \leq 227,54$$

L'intervallo ricavato risulta molto ampio, poiché il massimo valori del nostro campione è Max= 222,30 mentre il Min=221,25 i quali rientrano ampiamente nell'intervallo di confidenza che è stato ricavato. Sebbene la ISO17025 ci fornisca come massimo errore ammissibile il 3% della misura, circa 6,5W, quindi con l'intervallo ricavato è ampiamente all'interno dell'errore ammissibile fornito dalla normativa; si è deciso arbitrariamente di diminuire il fattore di copertura e conseguentemente il livello di confidenza per restringere l'intervallo dell'incertezza estesa. Si passa da un fattore di copertura  $K=2$  a un fattore di copertura  $K=1$ , l'intervallo ottenuto è:

$$222,02 - 1 \cdot 2,76 \leq X \leq 222,02 + 1 \cdot 2,76$$

$$219,25 \leq X \leq 224,78$$

Anche questo intervallo dell'incertezza estesa è rappresentativo del nostro campione poiché come abbiamo visto precedentemente i valori massimi e minimo del nostro campione, sono rispettivamente 222,30 e 221,25; quindi tutto il campione è incluso nel nuovo intervallo ed è perfettamente rappresentativo dello stesso. Si può affermare di aver ottenuto un intervallo dell'incertezza estesa rappresentativo del campione e dei valori attesi che verranno misurati, questa incertezza quindi potrà essere utilizzata nei report delle tarature che verranno compilati per questo specifico strumento.

### **Compilazione dei report di taratura**

Quando sono completate le tarature sugli strumenti, le acquisizioni dei dati, il calcolo dell'incertezza è possibile procedere con la documentazione delle attività svolte. Secondo la norma ISO 17025 non è sufficiente verificare con le tarature, che le misure della strumentazione siano precise, ma è anche necessario, che tutto venga documentato o in alternativa le tarature devono essere effettuate da un laboratorio esterno, a sua volta, certificato ISO 17025. Il primo passo è la generazione di un file Excel per ogni singolo strumento tarato dove verranno riportati i seguenti dati: Codice univoco dello strumento, Modello, Incertezza, Modello dello strumento primario, Incertezza del primario, Range di misura applicato, Data della taratura, Luogo, Operatore, Firma, Condizioni ambientali (Temperatura e Umidità). I dati acquisiti durante la taratura vengono inseriti nella seguente tabella riportata qui sotto.

Fondo scala	Potenza misurata dal primario di riferimento	Valore in tensione in uscita dallo strumento	Valore della Potenza in uscita dallo strumento	Incertezza U estesa	Errore $W_{rif} - W_{let}$	Errore ammissibile	Esito Errore < 3% = <b>PASS</b> Errore > 3% = <b>FAIL</b>
[W]	[W]	[V]	[W]	[W] ±	[W]	3%	
500							
	15,54	0,316	15,78	1,15	0,24	0,47	<b>PASS</b>
	48,7	0,958	47,9	1,60	-0,85	1,44	<b>PASS</b>
	105,0	2,066	103,3	2,57	-1,66	3,10	<b>PASS</b>
	220,4	4,388	219,4	4,81	-1,00	6,58	<b>PASS</b>
1500							
	223,0	1,478	221,8	5,78	-1,24	6,65	<b>PASS</b>
	650,6	4,300	646,4	13,81	-4,20	19,39	<b>PASS</b>
	1337,0	8,812	1321,8	27,23	-15,20	39,65	<b>PASS</b>
	1502,4	9,906	1485,9	30,51	-16,50	44,58	<b>PASS</b>
2000							
	221,6	1,102	220,4	6,40	-1,24	6,61	<b>PASS</b>
	810,2	4,020	804	17,22	-6,20	24,12	<b>PASS</b>
	1516,8	7,506	1501,2	31,03	-15,60	45,04	<b>PASS</b>
	1956,0	9,664	1932,8	39,65	-23,20	57,98	<b>PASS</b>

Fig. 3.14 – Tabella del report di taratura dello strumento con codice S201

Come è possibile vedere nella tabella: nella prima colonna viene riportato il fondo scala su cui è stato riportato lo strumento, nella seconda colonna ci sono i valori misurati con lo strumento primario, nella terza ci sono i valori misurati dell'output analogico in volt, nella quarta colonna vengono riportati i valori calcolati dell'output analogico in Watt, nella quinta colonna viene riportata l'incertezza estesa dello strumento per ogni misura effettuata, nella sesta colonna è stato inserito lo scostamento tra la misura dello strumento di riferimento e la misura dello strumento secondario, nella settima colonna è riportato l'errore massimo ammissibile per la normativa che per i wattmetri con i seguenti fondo scala deve essere non maggiore del 3% e infine nell'ultima colonna è presente un **PASS** se lo scarto tra le due misure è minore dell'errore massimo ammissibile, è presente un **FAIL** se lo scarto tra le due misure è maggiore dell'errore massimo ammissibile. Una volta completata la tabella è possibile calcolare la retta di regressione lineare, si potrebbero utilizzare altri di regressione ad es. funzioni polinomiali, ma poiché il comportamento del nostro strumento è lineare, la retta è il modello ideale. Sulla base dei dati raccolti durante la taratura andremo a ricavarci la pendenza **A** della retta e l'intercetta **B**: vengono utilizzati per l'asse x i valori dell'Output analogico in Volt dello strumento secondario, mentre per l'asse y si usano i valori misurati in Watt dello strumento primario. È molto più ragionevole pensare, che sull'asse delle ordinate vengano inseriti i valori in Watt dello strumento secondario, ma questa retta di regressione

lineare viene utilizzata come curva di calibrazione in modo da correggere gli errori dello strumento secondario. Il calcolo della retta di regressione lineare viene eseguito per i differenti valori del fondo scala impostati: 500 W, 1500 W, 2000 W.

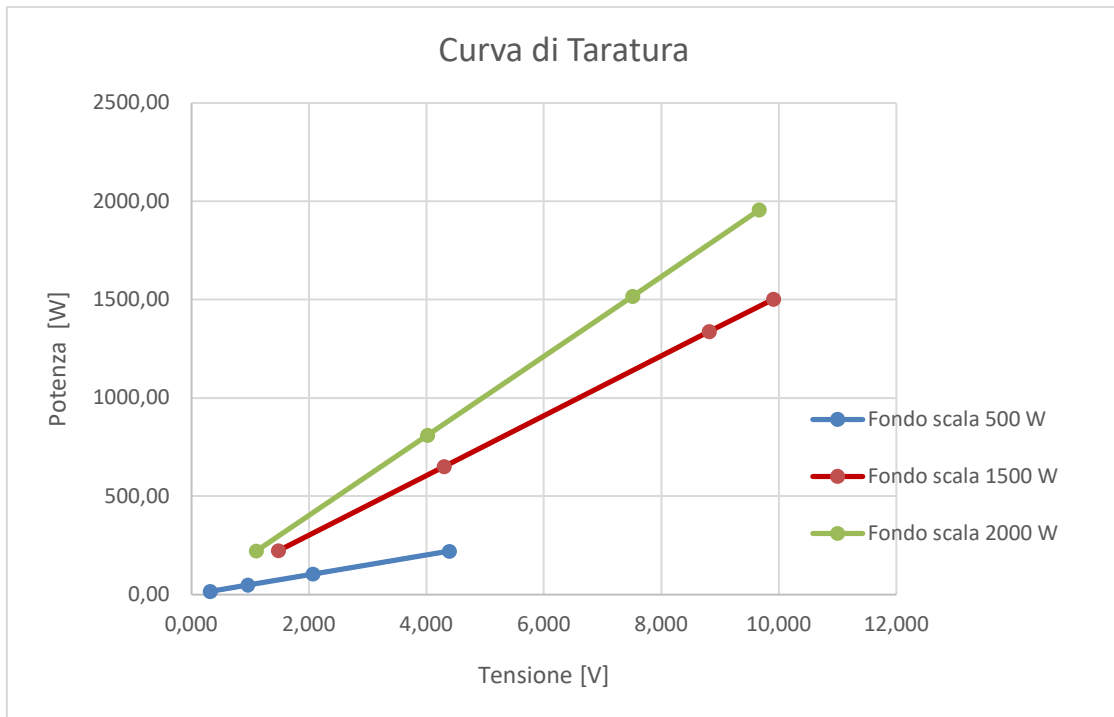
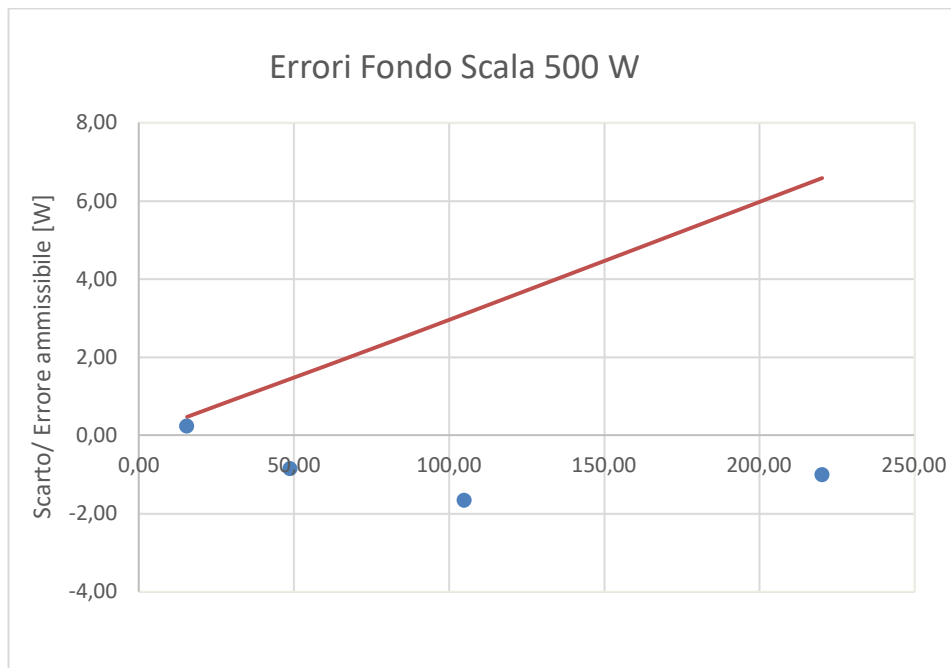


Fig. 3.15 – Curve di Calibrazione dello strumento S201

Come è possibile vedere nelle Fig. 3.15 vengono riportate le curve di calibrazione per i 3 fondo scala selezionati, l'equazione di queste rette sarà quella che verrà inserita successivamente nel software di acquisizione, che correggerà automaticamente tutti i valori acquisiti.

L'ultimo grafico Fig. 3.16 riportato è quello relativo agli errori di misura: sull'asse delle ascisse viene riportato il valore della potenza misurata, mentre sull'asse y vengono riportati i valori dell'errore massimo ammissibile richiesto dalla normativa (retta rossa) e l'errore tra la misura dello strumento di riferimento e la misura dello strumento secondario (punti azzurri). Come possiamo vedere dal grafico: tutti i punti sono al di sotto della retta del massimo errore ammissibile; quindi, è evidente che lo strumento soddisfa i requisiti richiesti dalla normativa. Ora è possibile dire che lo strumento soddisfa la normativa e può essere utilizzato per le prove di sicurezza elettrica del CB.



*Fig. 3.16 – Grafico Scarto/Errore ammissibile per fondo scala di 500*

L'ultimo passo è quello di compilare il documento Word dove vengono riportate tutte le informazioni, che sono state discusse in questo ultimo paragrafo; la realizzazione di questo documento è fondamentale per attestare che la strumentazione utilizzata sia qualitativamente adeguata alle prove che devono essere eseguite. Quindi i file che verranno generati devono essere salvati e archiviati ed essere sempre disponibili per la consultazione interna o se lo richiede un ente certificatore o un cliente devono poter essere consultati dagli stessi.

### **3.3 Analizzatore di rete Seneca R203**

Oltre alle tarature dei wattmetri, un altro progetto che è stato seguito, è la gestione e implementazione di nuova strumentazione, in questo caso mi sono occupato dell'installazione e configurazione del nuovo analizzatore di rete Seneca R203.



Fig. 3.17 - Analizzatore di rete Modulo Seneca R 203

### Descrizione:

Il Seneca R203 è un analizzatore di rete professionale per laboratori, viene utilizzato per analizzare i consumi di elettrodomestici: i principali output che ci fornisce sono: la tensione, la corrente, la potenza, la potenza reattiva, la frequenza, il fattore di potenza, la distorsione armonica totale della corrente, la distorsione armonica totale della tensione, il consumo di energia elettrica, ecc. Gli analizzatori di potenza già presenti in laboratorio hanno un numero di output limitato a 3 (tensione, corrente, potenza), mentre il vantaggio dell'R203 è che grazie a una presa Ethernet collegata direttamente al pc, senza utilizzare moduli di acquisizione intermedi come accadeva con gli analizzatori di potenza vecchi. Non avendo moduli di acquisizione intermedi tra lo strumento e il computer questo diminuisce le fonti di incertezza, quindi diminuisce l'incertezza estesa.

### Specifiche tecniche:

Il modulo R203 permette di misurare una grande quantità di grandezze elettriche: corrente totale, corrente su ogni singola fase, tensione totale, tensione su ogni singola fase, potenza attiva totale, potenza attiva su ogni singola fase, potenza reattiva totale, potenza reattiva su ogni singola fase, frequenza, fattore di potenza, distorsione armonica totale della tensione, distorsione armonica totale della corrente, ecc. Non ci viene fornito l'accuratezza della misura su tutte queste grandezze, ma solo sulle 3 principali:  $\pm 0,5 \%$  sulla lettura [W],  $\pm 0,2 \%$  sulla lettura [A],  $\pm 0,2\%$  sulla lettura [V].

### Cablaggio:

Appena è arrivato il nuovo acquisto, il primo passo è stato leggere il manuale di installazione per comprendere quali fossero i vari input e output dello strumento e capire quale schema dei collegamenti elettrici utilizzare. Gli strumenti da collegare sono: il modulo Seneca R203, il TA, la presa di alimentazione della corrente, la presa di corrente a cui andranno collegati i banchi frigoriferi. I TA sono utilizzati per misurare correnti alternate alla frequenza di linea (50-60 Hz), fino a 50 Arms,

L'applicazione più consueta è quindi nei misuratori di energia in ambito civile o industriale. Successivamente è stato scelto lo schema elettrico, in questo caso è stato sufficiente uno schema monofase con una sola linea collegata al TA.

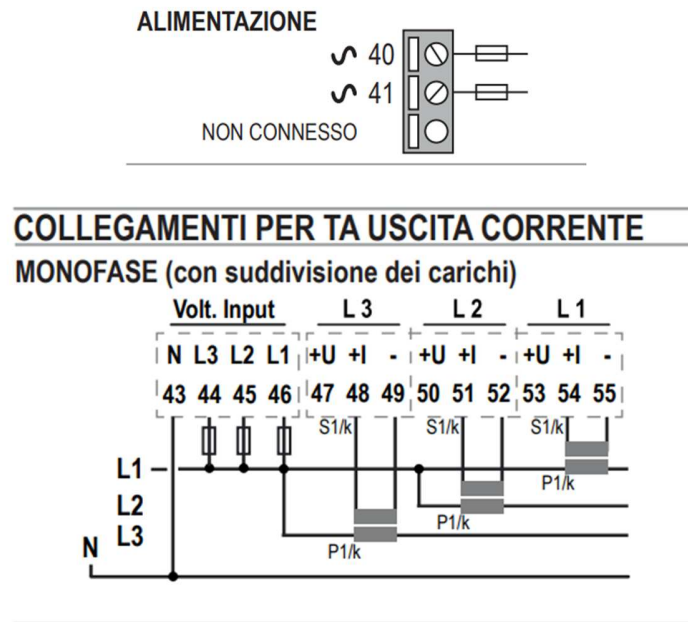


Fig. 3.18 - Schema collegamenti elettrici Monofase per il modulo Seneca R203

È stato seguito questo schema per la realizzazione dell'impianto elettrico, con le seguenti modifiche: non sono state cablate le linee L2 e L3 per la suddivisione dei carichi perché al momento non viene utilizzato per carichi elevati; quindi, è sufficiente utilizzare un TA da massimo 30A.

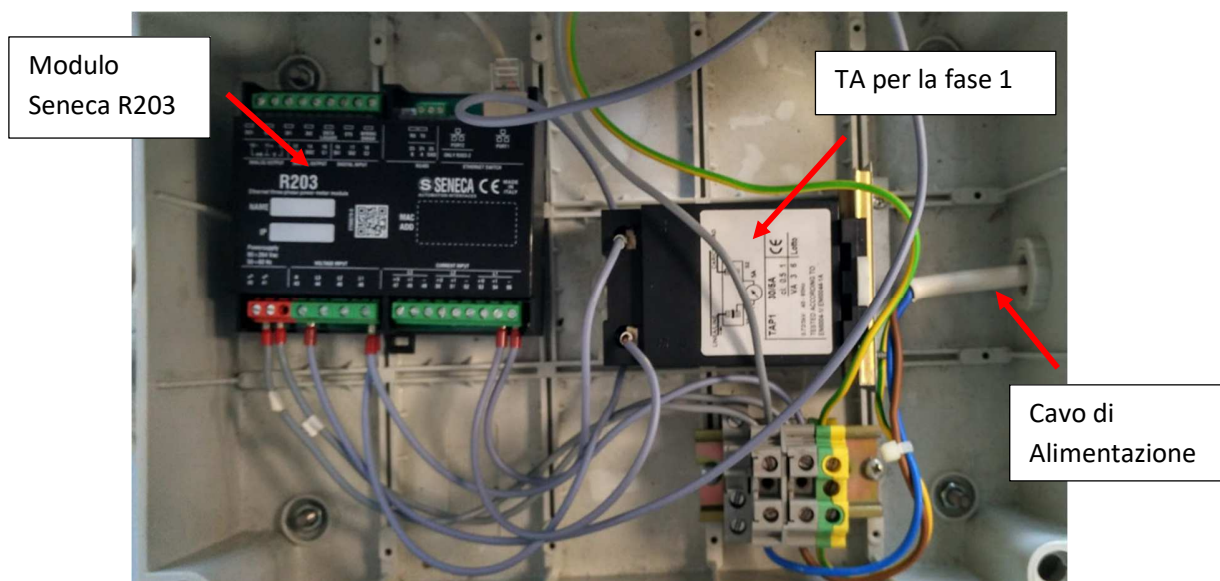


Fig. 1.19 - Cablaggio Power Meter con TA

## Configurazione:

Una volta cablato si passa alla configurazione, come prima cosa si connette il pc al modulo tramite un cavo Ethernet e attraverso una pagina web si possono configurare le varie caratteristiche: si seleziona il range di corrente del TA (5/30A), successivamente si verifica se i dati, che si visualizzano istantaneamente sono corretti. La pagina web fornisce i dati del modulo istantaneamente, ma non vengono registrati e non si può scegliere che tipo di dati visualizzare, per poter far questo si utilizza il software specifico di Seneca "Data Recorder". Per configurare i file all'interno del software si apre un nuovo file e si inseriscono i vari canali di interesse, i vari indirizzi di ogni specifico canale si trovano nel manuale utente dove sono presenti centinaia di indirizzi dei canali, ma sono stati scelti solo circa 30 canali che potranno essere visualizzati. La scelta dei vari canali permette quindi di leggere specifici valori elaborati dal modulo Seneca R203.

Connessione	DB	Nome	Canale calcolato	UdM	Canale Scrivibile	Inizio Scala	Fondo Scala Variabile	Inizio Scala Data Rec.	Fondo Scala Data Rec.	M	Q	Descrizione
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V12	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V23	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V13	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	I1	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Corrente di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	I2	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Corrente di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	I3	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Corrente di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	IN	<input type="checkbox"/>	A	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Corrente di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V1N	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V2N	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	V3N	<input type="checkbox"/>	V	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Tensione di fas
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	POT_1	<input type="checkbox"/>	W	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Potenza attiva
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	POT_2	<input type="checkbox"/>	W	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Potenza attiva
192.168.90.101:502	<input checked="" type="checkbox"/>	POT_3	<input type="checkbox"/>	W	<input type="checkbox"/>	0	10000	0	10000	1,000	0,000	Potenza attiva

Fig. 3.20 - Indirizzi dei canali inseriti nel Data Recorder

Come possiamo vedere nella Fig. 3.20 sono stati inseriti i vari canali con le relative unità di misura, riporto alcuni esempi come spiegazione: il V12 è la differenza di tensione tra la linea 1 e la linea 2, I1 è la corrente di fase sulla linea 1, V1N è la differenza di tensione tra la linea 1 e il neutro, POT\_1 è la potenza rilevata in Watt sulla linea 1.

Ora che il modulo è configurato e resta connesso al pc può essere applicato un "carico", ovvero può essere collegata una spina ad esempio di un elettrodomestico, come fosse utilizzato per il test di un banco frigorifero. Collegando al modulo un apparecchio, che consuma energia elettrica potremo vedere i valori di quell'apparecchio elettrico: corrente, tensione, potenza attiva, energia elettrica consumata.



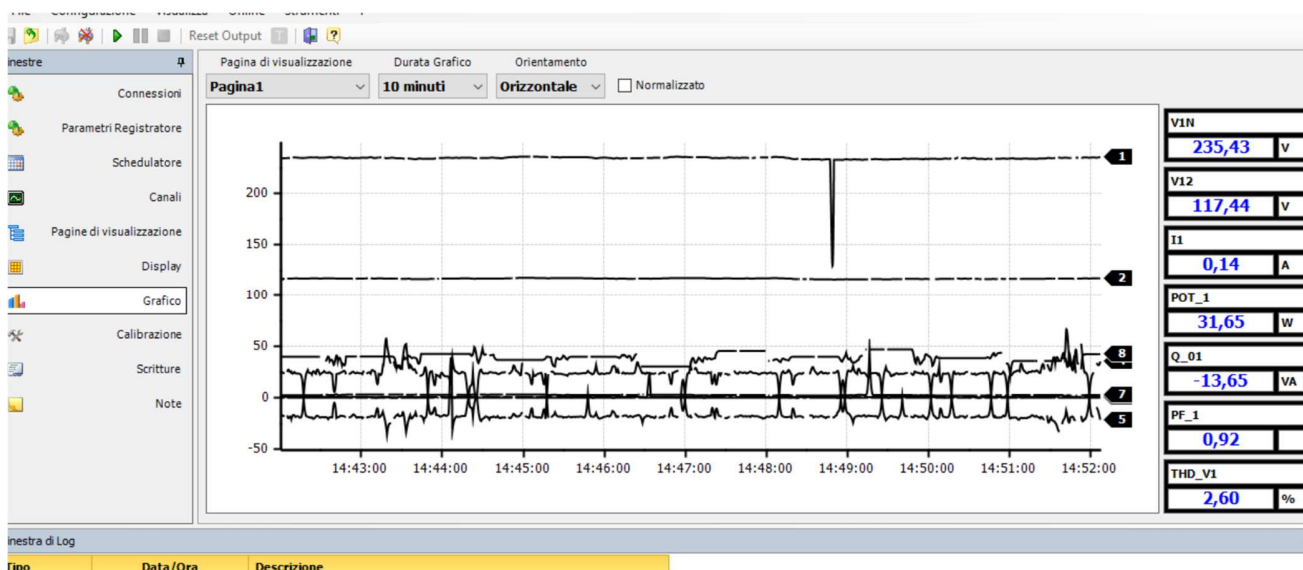


Fig. 3.21 - Sezione del grafico se software Data Recorder

Come possiamo vedere nella figura Fig. 3.21 sulla schermata del Data Recorder si possono visualizzare tutti i canali inseriti nel software, quindi possiamo vedere: la potenza, la tensione, la corrente e l'energia consumata dell'elettrodomestico.

### Verifica:

Ora che è stato configurato il modulo Seneca R203 attraverso il software Data Recorder e possiamo visualizzare istantaneamente i dati provenienti da ciò che abbiamo collegato. Ora va verificato che i valori letti siano corretti, la verifica è stata fatta attraverso un tester o multimetro, sono stati letti i valori di tensione e di corrente sul tester e contemporaneamente sono stati letti i valori sul pc collegato all'analizzatore di rete.



Fig. 3.22 - Tester utilizzato per la verifica

Per la lettura della corrente è stata utilizzata la pinza amperometrica, che è possibile vedere nella Fig. 3.22 e viene visualizzata sul display la lettura della corrente, mentre la tensione viene letta collegando i due cavi del tester con un circuito in parallelo, la lettura della Potenza attiva non è possibile leggerla dal display del multimetro, quindi, verrà calcolata con la formula:

$$W = V \cdot I$$

Sia per la corrente che per la tensione sono state analizzate solo le linee che vengono lette anche dai canali del Data Recorder quindi: V12, V1N, I1, POT\_1; su questi valori effettivamente le letture combaciano. Gli altri canali come, ad esempio, la distorsione armonica non sono possibili da verificare con il tester, successivamente con la taratura sarà possibile verificare che anche le altre letture siano corrette.

### Confronto:

È stato verificato che le letture fatte con il tester corrispondono a quelle fatte con il software Seneca Data Recorder. Il passo successivo è quello di confrontare il modulo Seneca analizzatore di rete e un altro analizzatore di rete disponibile in laboratorio, per verificare che i dati acquisiti dai due moduli siano identici. In questo caso è stato utilizzato come modulo per il confronto il Gavazzi WM22 DIN AV1, che è uno strumento secondario, ma è abbastanza preciso per poter fare un confronto tra i due moduli, sfortunatamente il modulo Gavazzi possiede un'unica uscita analogica quindi il confronto tra i due moduli potrà essere fatto per un solo elemento per volta, in questo caso si è scelto il canale della potenza, che è la misura più importante ottenuta attraverso il wattmetro per il laboratorio, in quanto è fondamentale per la definizione dei consumi del banco frigorifero.

La configurazione dei Wattmetri è la seguente:

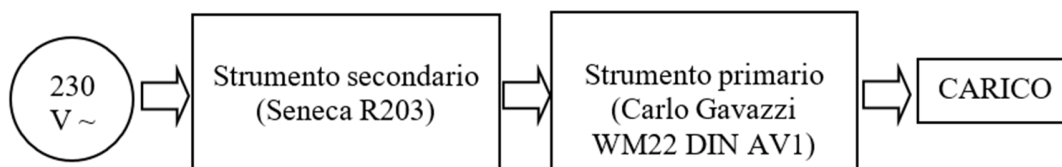


Fig. 3.23 - Configurazione Wattmetri

Come si può vedere nello schema in Fig. 3.23 lo strumento direttamente collegato alla corrente è il Seneca R203 (strumento secondario) ovvero lo strumento di cui deve essere confermata la bontà della misura, collegato a questo c'è lo strumento di riferimento (strumento primario), che ci darà la misurazione di riferimento e collegato a quest'ultimo c'è il carico che può essere di diverso tipo (resistivo, capacitivo, induttivo ecc.) in questo caso è stato utilizzato come carico un banco frigorifero in una sala climatica. In questo modo è stata fatta una simulazione delle condizioni effettive in cui il wattmetro avrebbe operato in futuro. Il problema di questa configurazione è che lo strumento primario non ha una sorgente di alimentazione secondaria quindi quando andremo a leggere la misurazione sullo strumento secondario

dovremo tenere conto che la lettura contiene il valore del carico più il valore di consumo del wattmetro secondario ( $\leq 7 \text{ W}$ ).

Durante le acquisizioni con lo strumento secondario, si sono riscontrati dei problemi, in quanto le misure non corrispondono con quelle fatte con il primario, poiché le misurazioni dello strumento di riferimento restano stazionarie per tutto il periodo mentre quelle del secondario oscillano frequentemente generando dei picchi che possono arrivare anche al valore  $0 \text{ W}$ , questo va a falsare completamente la misurazione e rende il Wattmetro inutilizzabile. Ci si è rivolti all'assistenza del fornitore per risolvere questo problema dell'acquisizione dati.

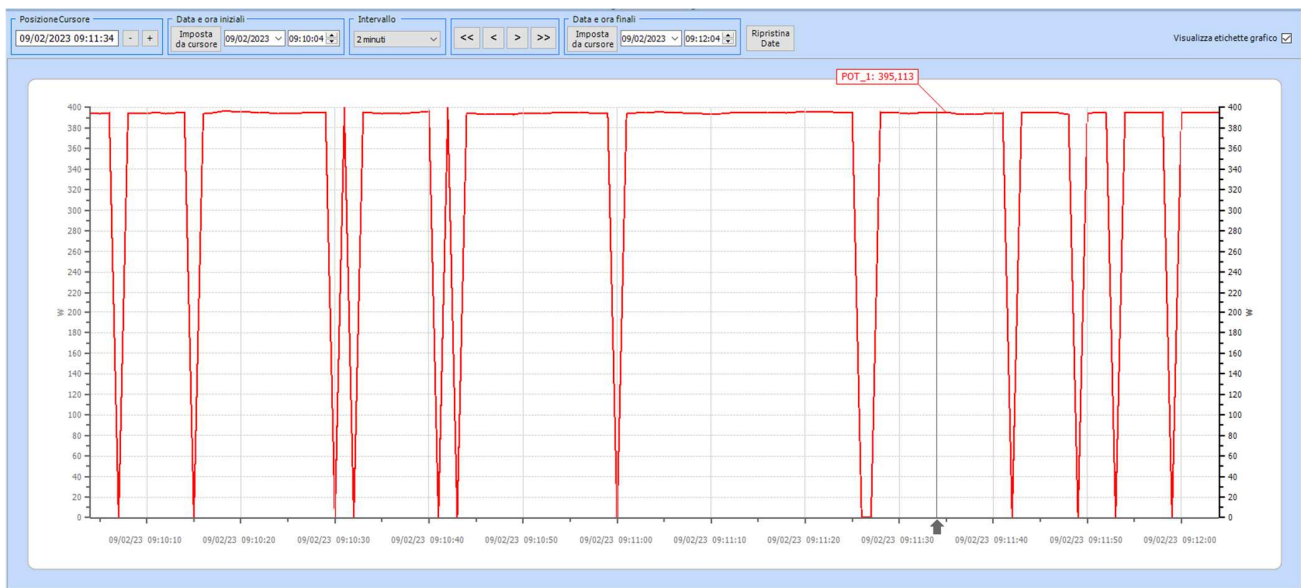


Fig. 3.24 - Lettura della Potenza dal software Trend Viewer (software di analisi dei dati)

Come è possibile vedere dal software di analisi dei dati (Fig. 3.24) Trend Viewer, la lettura del valore della potenza non è stazionaria, ma presenta dei picchi che portano il valore a zero. Tramite l'assistenza si è scoperto che questi valori che conducevano a zero per via di un time-out di acquisizione, ovvero il modulo smette di inviare al pc dati sulla potenza perché sta inviando altri valori, quindi l'acquisizione si arresta. Dopo vari tentativi di aggiornamento e i relativi test si è finalmente giunti alla soluzione: si è trovato un aggiornamento del firmware che eliminasse l'errore di acquisizione.

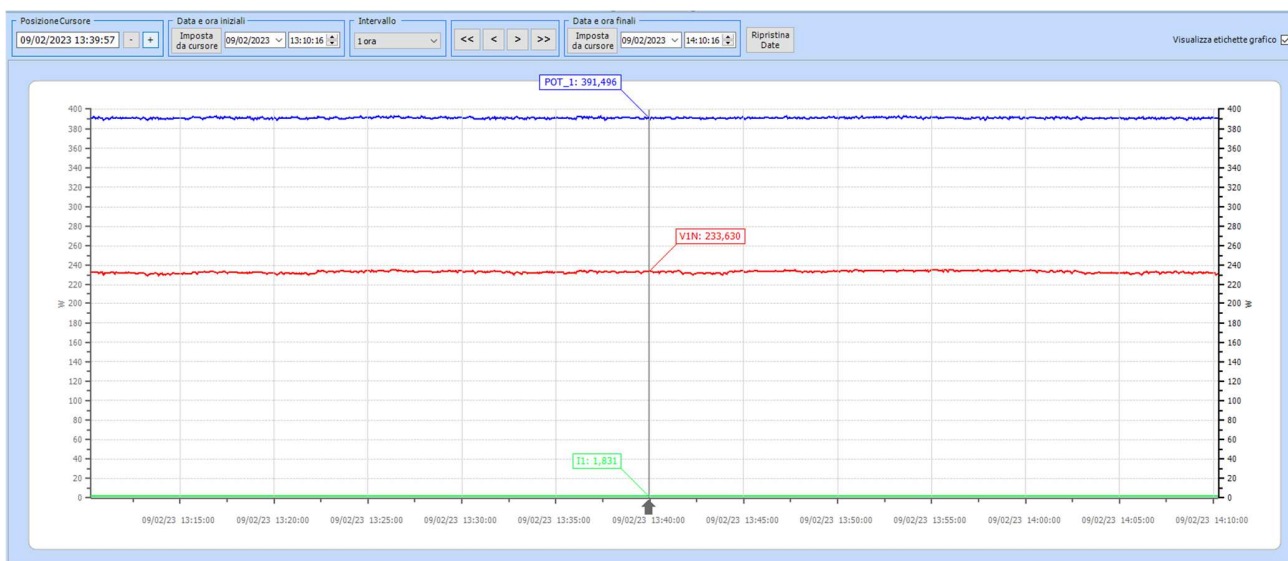


Fig. 3.25 - Lettura della Potenza dal software Trend Viewer (software di analisi dei dati), dopo l'aggiornamento del firmware

Dopo l'aggiornamento del firmware è stato ripetuto il test, i risultati sono visibili alla Fig. 3.25 come si può vedere ora la lettura della potenza è stazionaria e non presenta picchi che portano a zero; quindi, la lettura può essere finalmente confrontata con il power meter primario.

#### Confronto con il power meter primario:

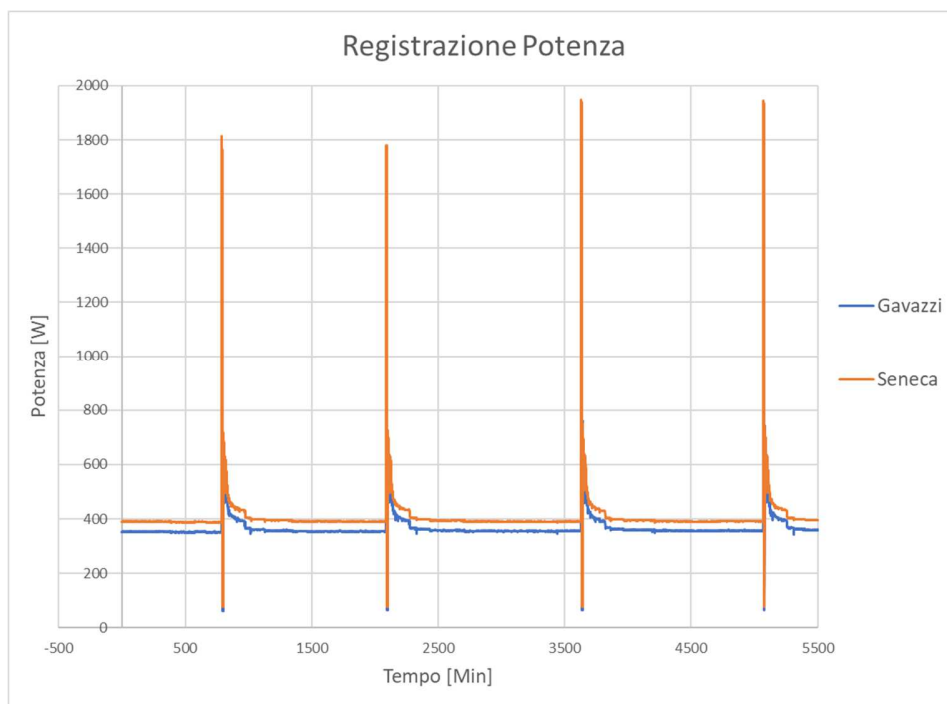


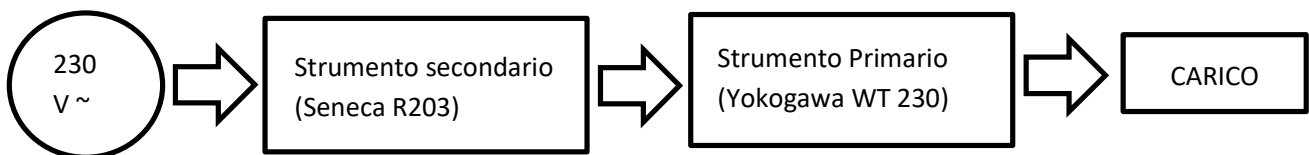
Fig. 3.26 - Confronto delle misurazioni fatte tra primario e secondario

Ora che si può fare il confronto tra il primario e il secondario sono state acquisite le registrazioni della potenza e dei due strumenti il comportamento è identico, ma come si può vedere dal grafico Fig. 3.26 tra le due letture c'è uno scostamento di circa 40 Watt in media. Quindi non si ha la stessa lettura da parte dei due strumenti. Va compreso quale sia il problema se sia l'alimentazione dello strumento primario, che viene letta dallo strumento secondario o un problema di calibrazione dello strumento. Per verificare che non sia un problema dovuto all'alimentazione dello strumento sono stati invertiti i due strumenti nella catena di misurazione; quindi, ora lo strumento direttamente collegato al carico è il secondario. Dopo questa ed altre prove è stato scoperto, che il problema era il wattmetro di riferimento e non lo strumento secondario in prova; quindi, la prova fatta in precedenza è stata eliminata e considerata non valida, il modulo di riferimento è stato segnalato e viene etichettato come guasto, sarà successivamente sostituito o riparato.

Per non incappare in altre problematiche dovute al malfunzionamento di alcuni strumenti si è passati direttamente all'utilizzo del primario, il quale viene tarato da un ente esterno questo ci dà la certezza che lo strumento di riferimento sia preciso. A questo punto si può passare alla taratura con il primario per avere un riscontro concreto sull'effettiva precisione del nostro strumento in prova.

### **Taratura:**

La taratura del nostro strumento in prova R203 verrà fatta con il wattmetro primario (Power Meter della Yokogawa WT230) che viene certificato da un ente esterno con laboratorio con certificato ISO 17025 e con certificato Accredia. La disposizione degli strumenti è identica a quella che è possibile vedere alla Fig. 1.5 con la sola modifica che il primario sarà il WT 230.



*Fig. 3.27 - Schema di configurazione Wattmetri*

Nella Fig. 3.27 con il termine CARICO si intende un apparecchio al cui interno ci sono varie resistenze, che attraverso un interruttore possono essere accese o spente in base al carico che deve essere misurato dagli strumenti, questo macchinario può andare da una potenza consumata di 15 W fino a 3400 W. Definite queste informazioni è possibile cominciare le misurazioni per tarare lo strumento, quindi si realizza la catena di misura come da schema: in testa abbiamo il carico con le resistenze variabili, attaccato ad esso ci sarà il primario WT 230, collegato al primario ci sarà il secondario Seneca R203 e la sua spina andrà collegata alla presa elettrica. L'output dello strumento secondario viene trasmesso attraverso un cavo ethernet al PC, e dal software sul PC possiamo visualizzare le letture, mentre il primario è fornito di display per visualizzare istantaneamente i dati letti.

Nella tabella sottostante vengono riportati i risultati della taratura dell'R203

Fondo scala	Valori misurati dal primario di riferimento	Valore in tensione in uscita dallo strumento	Misura in uscita dallo strumento	Incertezza U estesa	Errore W rif - Wlet	Errore ammissibile 3%	Esito
							Errore < 3%= PASS Errore > 3%= FAIL
[W]	[W]	[V]	[W]	[W] ±	[W]	[W]	
2500	15,2	0,08	15,60	5,06	0,40	0,47	PASS
	48,62	0,24	47,21	5,22	-1,41	1,42	PASS
	104,1	0,51	102,2	5,67	-1,96	3,07	PASS
	160,7	0,79	158,8	6,30	-1,92	4,76	PASS
	221,1	1,10	219,1	7,11	-2,02	6,57	PASS
	639,2	3,20	639,1	14,42	-0,10	19,17	PASS
	884,4	4,43	886,2	19,16	1,80	26,59	PASS
	1284,4	6,44	1288,6	27,05	4,20	38,66	PASS
	1886,0	9,49	1898,2	39,16	12,20	56,95	PASS
	2025,8	10,20	2040,6	42,00	14,80	61,22	PASS

Fig. 3.28 - Tabella taratura strumento R203

Come si può vedere nella Fig. 3.28 la tabella delle tarature riporta nella prima colonna: i valori della potenza (W) del primario di riferimento, il valore della corrente di riferimento (A), il valore della tensione di riferimento (V). Mentre nella seconda colonna sono riportati in Volt i valori in lettura dello strumento secondario per quanto riguarda la corrente, la tensione, la potenza; la terza colonna riguarda i valori in lettura dello strumento secondario, ma con i valori della corrente, tensione, e potenza rispettivamente in: Ampere, Volt, Watt. Nella quarta colonna viene riportata l'accuratezza dello strumento secondario, nella quinta colonna viene inserito l'errore tra le due letture (primario - secondario), nella sesta colonna viene inserito l'errore massimo accettabile per l'accuratezza degli strumenti secondo la normativa ISO 17025. Nell'ultima colonna viene inserito l'esito della rilevazione fatta: se l'errore tra il primario e secondario è inferiore dell'accuratezza richiesta dalla normativa ISO 17025 si inserisce un **PASS**, viceversa viene inserito un **FAIL**.

Dalla tabella in Fig. 3.28 è possibile vedere che le misurazioni fatte con il Seneca R203 si discostano di molto poco rispetto alle misurazioni effettuate con il primario, questo ci rassicura sulla bontà dello strumento che è stato acquistato e sulla sua accuratezza.

### Modifica da wattmetro monofase a trifase

Il wattmetro è stato utilizzato per un breve periodo come monofase, ma una volta che è stato compreso che lo strumento funzionasse bene si è deciso di configurarlo con lo schema trifase, così da poter essere utilizzato anche con i banchi frigoriferi con un maggior consumo energetico. Il procedimento è lo stesso a quello che è stato utilizzato in precedenza, con l'unica differenza che lo schema elettrico sarà diverso e più complesso. I componenti necessari per realizzare un wattmetro trifase sono: 3 TA e le spine con attacco per carichi trifase e cavi (fase, neutro, terra) da 2,5mm per il cablaggio. Il passo successivo è seguire lo schema elettrico per wattmetri trifase, quindi seguire tutti i passaggi per collegare i TA alla presa di alimentazione e al modulo Seneca R203. Il risultato viene riportato qui sotto in Fig. 3.29

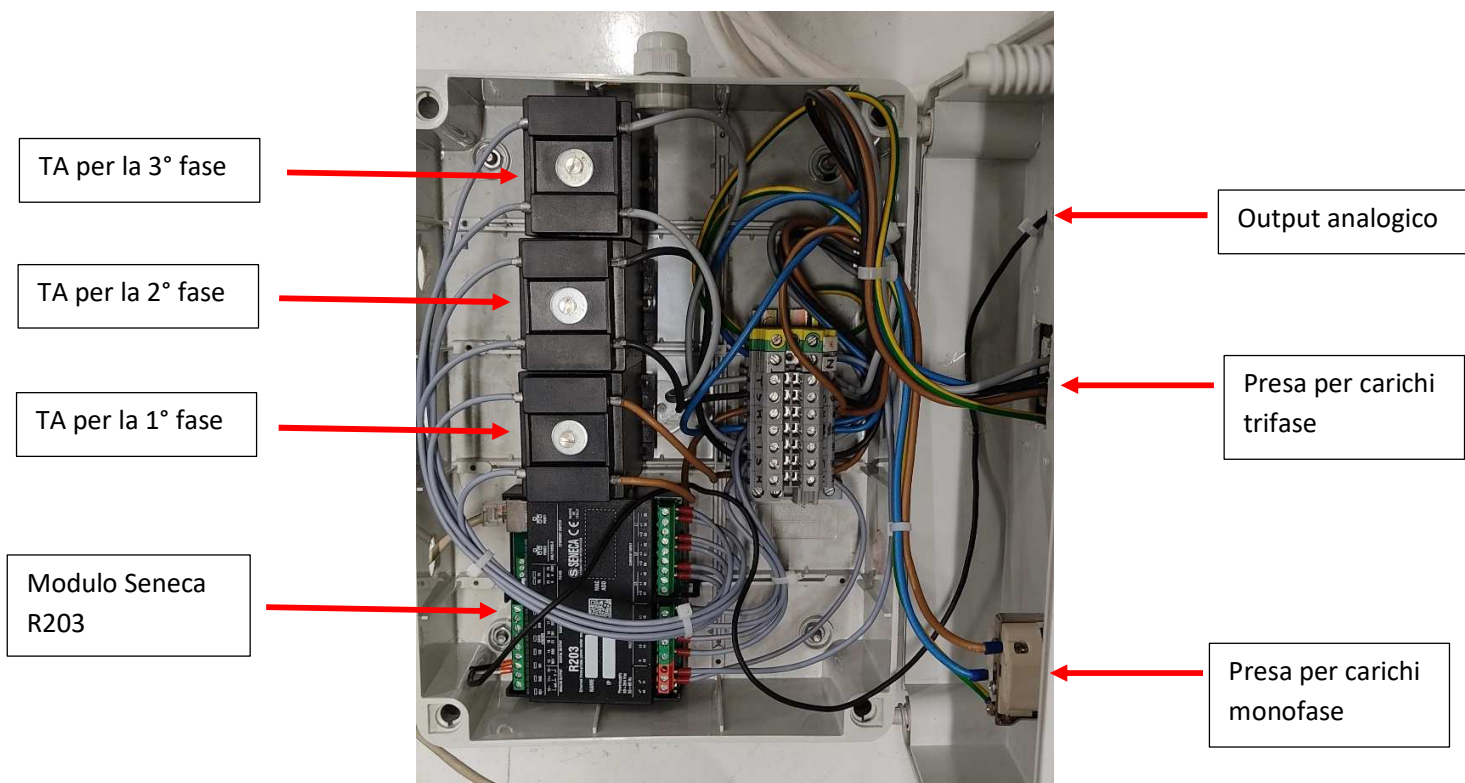


Fig. 3.29 – Cablaggio wattmetro trifase

Nella figura viene riportato il cablaggio del wattmetro, in seguito si descrive l'assemblaggio; innanzitutto sono stati posizionati i TA, il modulo R203 e la morsettieria all'interno del box, alloggiati sulle guide, successivamente sono stati realizzati i fori per il passaggio delle prese. Una volta ottenuto il passaggio delle prese è possibile cominciare il collegamento dei fili: per prima cosa si collega la presa di alimentazione alla morsettieria, dalla morsettieria si collegano tutte le fasi ai diversi TA (marrone, nero, grigio), l'altro capo dei TA viene collegato al modulo R203 (necessario per la misurazione della corrente), poi vengono collegate tutte le fasi e il neutro direttamente al modulo R203 (necessario per la misurazione della tensione). Infine, restano da collegare: l'alimentazione del modulo R203 e collegare le prese per i carichi resistivi, che si trovano a destra della figura; l'ultimo collegamento è l'output 0-10V (cavo nero) che sarà necessario per trasmettere informazioni all'acquisitore dati.

Quando il collegamento di tutti i cavi si è concluso, è possibile configurare il modulo accedendo al Web Server, è molto semplice si imposta la configurazione trifase, si imposta il range dell'output da 0 a 10 Volt, poi si imposta il range del valore misurato della potenza da 0 a 2500 Watt. Si esegue un rapido test per verificare che tutto funzioni correttamente, i test più approfonditi sono stati svolti nella prima parte del progetto, quando il wattmetro era monofase; quindi, non è necessario ripetere tutta la taratura. Per avere un'ulteriore conferma della precisione del wattmetro si è deciso di spedire lo strumento in un laboratorio di taratura esterno, dopo circa un mese il wattmetro è ritornato con il certificato di taratura annesso, nel quale si certificava che le misure di: tensione alternata, tensione continua, corrente, frequenza, rientravano nei limiti di accuratezza definiti dalla "IECEE OD-5014\_Instrument Accuracy

Limits". Ora che è stato ottenuto il certificato di taratura è possibile utilizzare lo strumento per i vari test, poiché lo strumento è affidabile; con l'emanazione del certificato l'attività può dirsi conclusa.

### 3.4 Temperatura – Termocoppie e Termoresistenze

#### Introduzione sulla Temperatura:

L'attività sull'acquisizione di grandezze di temperatura [°C] è nata dall'esigenza di avere una maggiore precisione per la rilevazione dei pacchi test Tylose, che simulano i prodotti che vengono acquistati all'interno dei banchi frigoriferi nei supermercati. Attualmente per la rilevazione della misura dei Tylose vengono utilizzate le termocoppie, che hanno molti pregi, ma risultano avere un'accuratezza molo bassa ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ). Per comprendere a fondo il problema dell'accuratezza delle termocoppie, è fondamentale sapere, che sulla temperatura dei Test Pack Tylose si basano le prestazioni del banco: ovvero per capire che prestazioni fornisce un banco viene ricavata la temperatura del Test Pack più calda (WMP), la temperatura del Test Pack più fredda (CMP) e la temperatura media dei pacchi; quindi è fondamentale che la temperatura misurata sia il più possibile vicina a quella reale e che contenga il più basso errore possibile. Da questa necessità è partita un'analisi sulle termocoppie e sulle termoresistenze, per comprendere se fosse necessario e possibile investire su un prodotto più accurato, ma più costoso.

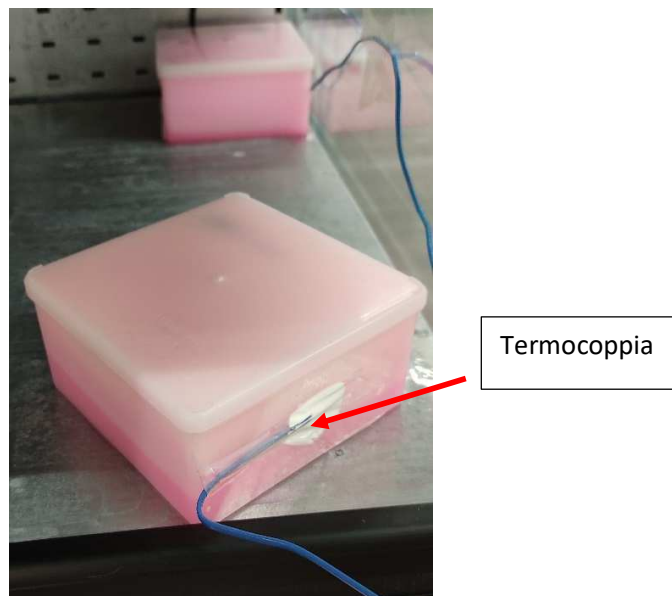


Fig. 3.30 – Esempio di Pacco Test



## Confronto Termocoppie e Termoresistenze

È fondamentale chiarire che entrambi i sensori hanno degli aspetti positivi e degli aspetti negativi; quindi, dipende tutto dall'utilizzo che si deve fare del sensore, in alcuni casi è più conveniente utilizzare le termocoppie, in altri le termoresistenze.

### Funzionamento termocoppie:

La termocoppia è composta da due fili di materiale differente e con una giunzione all'estremità di essi. Questo accoppiamento di due materiali differenti, ma omogenei, genera un effetto termoelettrico detto effetto Sibeck: l'effetto consiste in una tensione che si sviluppa lungo il materiale, la differenza di temperatura tra le due giunzioni, genera una differenza di potenziale tra i due fili, questa tensione può essere misurata con un voltmetro ed è possibile associare ad ogni segnale una diversa temperatura. La differenza di tensione generata dai due fili non è mai molto ampia, ciò significa che lo strumento non ha una grande sensibilità, quindi anche l'accuratezza è abbastanza bassa. I pregi sono che: il sensore è molto semplice e quindi molto economico, i range di misura sono molto elevati, ci sono varie tipologie di termocoppie (E,J,K,T,R,S,B) in base alle esigenze, non necessitano di alimentazione, resistenza alla corrosione, velocità di rilevazione della temperatura; mentre gli aspetti negativi sono: bassa sensibilità, bassa accuratezza, bassa stabilità della misura e non linearità della curva del segnale.

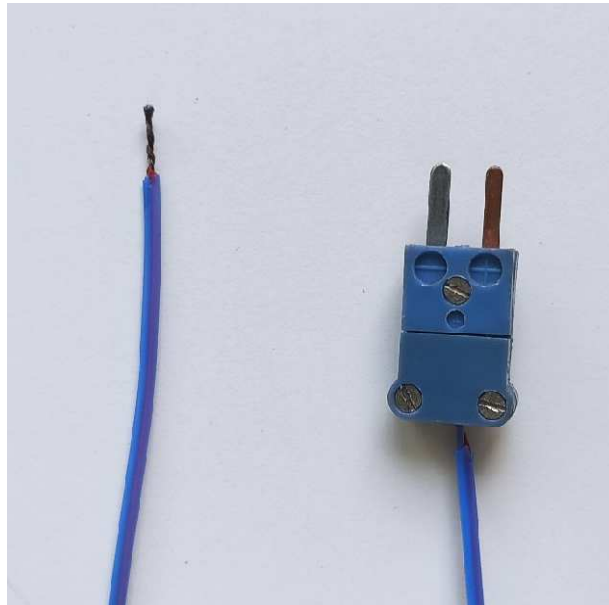


Fig. 3.31a – Sonda Termocoppia

### Funzionamento termo resistenze:

Le termoresistenze sono dei sensori basati sulle resistenze elettriche, il fenomeno in sé è molto semplice: la resistenza viene posizionata nel punto in cui si vuole rilevare la temperatura, in base alla legge caratterizzante della termoresistenza, ovvero l'andamento della resistenza in funzione della temperatura, qui sotto si riporta la suddetta legge:

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$$

Dove:  $R(T)$  è il valore della resistenza in funzione della temperatura  $T$ ,  $R_0$  è il valore della resistenza a  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\alpha$  è il coefficiente di proporzionalità che dipende dal sensore e  $T$  è la temperatura. Quindi conoscendo la legge della specifica resistenza che si sta utilizzando e conoscendo il valore della resistenza in quell'istante è possibile ricavare la temperatura misurata dal sensore. Per poter ricavare il valore della resistenza è sufficiente conoscere il valore della corrente e della tensione presenti nel circuito della resistenza, questo compito spetta al modulo di acquisizione che oltre a misurare la corrente e la tensione deve anche alimentare la resistenza. I principali vantaggi delle termoresistenze sono: il fatto che sia un sensore alimentato garantisce un buon rapporto segnale rumore, elevata accuratezza, buona linearità, elevata sensibilità, buona resistenza chimica e meccanica con la guaina, dimensioni del sensore ridotte anche se non sono piccole come le termocoppie; mentre gli aspetti negativi sono i seguenti: range di misura ridotto, è necessario alimentare il sensore, bassa resistenza chimica e meccanica senza guaina, bassa velocità di rilevazione della temperatura (possiede un transitorio più lungo rispetto alla termocoppia, vedi Fig. 3.33), disturbo causato dall'alimentazione (questo errore verrebbe completamente risolto se si utilizzassero termoresistenze a 4 fili).

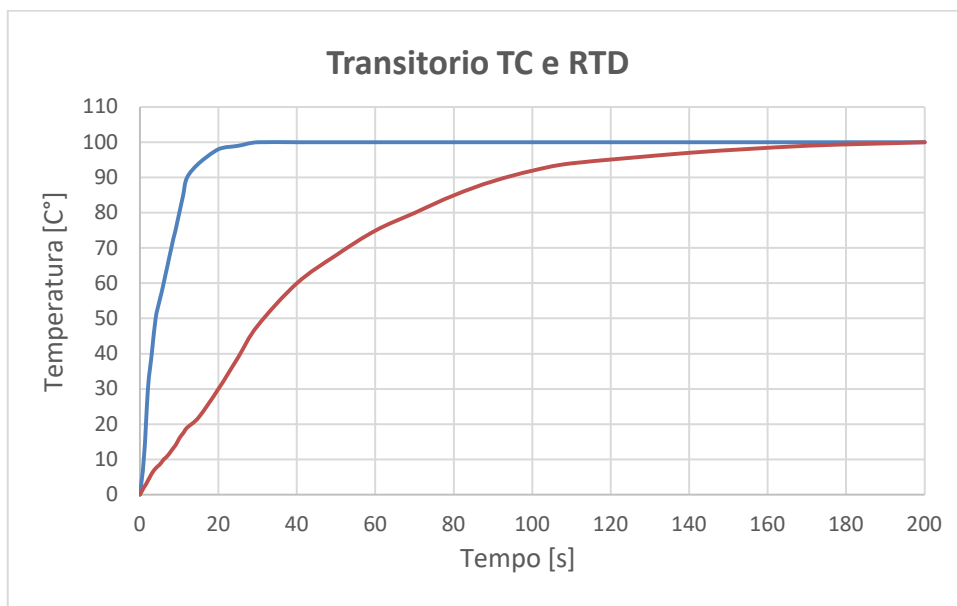


*Fig. 3.31b – Sonda Termoresistenza*

Qui di seguito viene riportata la tabella con le caratteristiche positive e negative dei due sensori.

Termocoppie	Termoresistenze
<b>Caratteristiche positive</b>	
Elevato range di misura	Buon rapporto segnale/rumore
Non necessita di alimentazione	Elevata accuratezza
Resistenza chimica e meccanica	Buona linearità
Dimensioni del sensore molto ridotte	Elevata stabilità
Elevata velocità di rilevazione della misura	Buona resistenza chimica e meccanica (con guaina)
<b>Caratteristiche negative</b>	
Bassa sensibilità, Bassa tensione, Basso rapporto segnale/rumore	Range buono, ma inferiore alle termocoppie
Bassa accuratezza	Necessitano di alimentazione
Basa stabilità	Velocità di rilevazione della temperatura bassa (con guaina)
Non linearità	Disturbi causati dall'alimentazione

Fig. 3.32 – Confronto tra le proprietà delle termocoppie e delle termoresistenze



*Fig. 3.33 – Confronto del tempo di risposta tra le termocoppie e le termoresistenze*

Nel grafico possiamo vedere che i tempi di risposta tra termocoppie e termoresistenze sono molto differenti, le prime (TC) raggiungono quasi istantaneamente (pochi secondi) la temperatura dell'ambiente in cui sono state inserite, mentre le termoresistenze possiedono un transitorio più lungo (qualche minuto), che può durare qualche minuto. Questa lentezza nell'acquisire i valori delle temperature è compensata da una maggior precisione nella lettura. Tuttavia, il transitorio delle misure non è una caratteristica così fondamentale, poiché i sensori verranno inseriti all'interno dei test pack Tylose, che possiedono una grande inerzia termica, quindi il transitorio del sensore trascurabile.

## **Conclusioni**

Alla fine di questo confronto tra termocoppie e termoresistenze, si è deciso di passare alle termoresistenze per la rilevazione della misura dei Test Pack Tylose, mentre per tutte le altre componenti, che non richiedono un'elevata accuratezza nella misura della temperatura (evaporatore, condensatore, compressore, resistenze, superfici) e possono accettare anche un errore di  $\pm 1^\circ\text{C}$ , continueranno ad essere utilizzate le termocoppie, che è un sensore molto affidabile e semplice da utilizzare e sicuramente più economiche delle termoresistenze. Questa suddivisione dei due sensori per scopi differenti, si presume sia la soluzione ottima per le necessità di misura del laboratorio. Poiché si è già in possesso delle termocoppie è stato necessario acquistare solo le termoresistenze.

## **Scelta delle caratteristiche delle termoresistenze al fine dell'acquisto**

Le termoresistenze, dette anche RTD (Resistance Temperature Detector), si suddividono in due grandi famiglie in base al metallo di cui è composta la resistenza: Platino (Pt) o Nichel (Ni); le prime hanno un range di misura che va dai  $-200^\circ\text{C}$  ai  $+850^\circ\text{C}$ , questo è reso possibile dall'elevata stabilità del materiale e l'elevata resistenza all'ossidazione, mentre le resistenze al nichel hanno un range di misura che va dai  $-100^\circ\text{C}$  ai  $+200^\circ\text{C}$ , questo è dovuto a una minor capacità del materiale di resistere all'ossidazione. Anche se le temperature che verranno misurate rientrano in entrambi i range dei materiali si è optato per una termoresistenza con filamento al platino. Successivamente va scelta la resistività del sensore che sono così suddivise Pt100, Pt500, Pt1000, dove il numero rappresenta il valore della resistenza in Ohm misurato a una temperatura di  $0^\circ\text{C}$ , quindi le opzioni saranno  $100\Omega$ ,  $500\Omega$ ,  $1000\Omega$ . La scelta della resistenza viene fatta in base alla lunghezza del cavo che verrà utilizzato, se sarà necessario usare un cavo molto lungo, che porta con sé una resistività intrinseca del cavo molto rilevante; quindi, va utilizzata una resistenza più grande così che l'errore portato dal cavo influisca meno. Nel nostro caso è necessario utilizzare un cavo di lunghezza superiore agli 8 metri, per poter raggiungere con le sonde tutti i punti che è necessario misurare nel frigorifero; quindi, con questa lunghezza del cavo la scelta obbligatoriamente deve ricadere su una Pt1000. L'ultima caratteristica da selezionare per le termoresistenze è la tipologia di filo, che può essere a 2, 3 o 4 fili.

- **Collegamento a 2 fili:** il collegamento delle termoresistenze a due fili è sicuramente quello che possiede la minor accuratezza, in particolare se si utilizza un cavo molto lungo l'errore trasmesso potrebbe essere abbastanza rilevante e quindi restituire una misura poco precisa.

Questa configurazione non ha nessuna tipologia di compensazione dell'errore, sarebbe ottimale per misurazioni che non richiedono cavi lunghi ed elevata precisione.

- **Collegamento a 3 fili:** è una soluzione largamente utilizzata nei settori industriali, grazie all'elevata precisione, in questo caso il terzo filo permette di compensare la resistenza del cavo di collegamento restituendo in maniera più fedele la variazione di resistenza all'interno della sonda, e di conseguenza la misura della temperatura.
- **Collegamento a 4 fili:** questo è il metodo che permette le misurazioni più attendibili. Attraverso i 4 cavi viene compensato quasi ogni margine di errore dovuto alla resistenza del cavo di collegamento, è la soluzione più costosa ma anche quella più accurata.

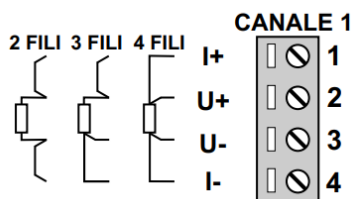


Fig. 3.34 – Tipologie di collegamenti per le termoresistenze

Come è possibile vedere nello schema soprastante, sono rappresentate le varie configurazioni per i collegamenti delle termoresistenze, la configurazione più efficace è quella a 4 fili perché permette di alimentare la resistenza con due fili e con gli altri due effettuare la lettura, questo permette la compensazione dell'errore. Nel manuale di installazione dei moduli di acquisizione viene consigliato di utilizzare collegamenti a 2 fili per lunghezze inferiori ai 10 metri, collegamenti a 3 fili per lunghezze superiori a 10 metri solo se la resistività dei 3 cavi è identica, collegamento a 4 fili per lunghezze ampiamente superiori ai 10 metri. In base a tutte le informazioni che ci sono state fornite abbiamo nel manuale di installazione la scelta ottimale è una termoresistenza a 2 fili, poiché non c'è necessità di utilizzare sonde con lunghezza superiore ai 10 metri e soprattutto per limitare il costo delle singole sonde. Infatti, è fondamentale limitare i costi delle singole termoresistenze, poiché saranno necessarie per ogni sala almeno 60 sonde, che per 6 sale fa un totale di 360 termoresistenze, dove il costo di una Pt1000 si aggira intorno ai 10 €. In quest'ottica di contenimento dei costi è necessario acquistare le termoresistenze a due fili. La configurazione scelta definitivamente che verrà acquistata è la seguente: termoresistenze con filamento in platino da 1000 Ohm a 2 fili (Pt1000).

### Taratura bobina Termocoppia

Un'altra attività che è stata fatta sui sensori della temperatura riguarda la taratura della bobina delle termocoppie. Le singole termocoppie si ricavano dalla bobina che viene acquistata dal fornitore con una lunghezza totale ad esempio di 500 metri, dalla bobina viene tagliato un cavo della lunghezza desiderata, uno dei due estremi viene collegato a un connettore maschio specifico per le termocoppie, mentre sull'altra estremità viene realizzata una giunzione saldata tra i due filamenti di materiale differente, la giunzione viene creata saldando le due estremità con una fiamma all'acetilene. Gli enti certificatori e i clienti richiedono che il laboratorio riesca a tarare tutta la catena di misura; quindi, per adempiere a questa

misura è fondamentale tarare l'intera bobina da dove vengono ricavate le termocoppie, per compiere questa operazione è necessario prelevare due campioni di filo dalla bobina delle termocoppie: uno dall'inizio della bobina (Testa) e uno alla fine della bobina (Coda), viene creata la giunzione tra i due filamenti rame/costantana, successivamente i campioni vengono inviati al laboratorio, che testerà la qualità del campioni e fornirà un certificato di taratura specifico di taratura della bobina. Qui sotto viene riportato il certificato di Taratura della bobina (Fig. 3.35), con i risultati dei test eseguiti sul campione di testa e sul campione della corda, nel range di temperatura di -40°C +200°C.



Calibration Laboratory 163  
ISO IEC 17025:2017

**UL INTERNATIONAL ITALIA S.r.l.**  
Via delle Industrie 6, 20061 Carugate (MI), Italy  
T: +39 02 92526444 - E: Calibration.Italy@ul.com




CL-163  
Pagina 3 di 3  
Page 3 of 3

CERTIFICATO DI TARATURA 23-3424  
Calibration Certificate

**TEMPERATURA (Temperature)**  
**Testa**

Grandezza applicata Applied quantity		Strumento in taratura Equipment in calibration		Risultato di misura Measurement result	
Valore Value		Portata Range	Valore Value	Errore Error	Incertezza Uncertainty
-40,009 °C		200,00 °C	-38,93 °C	1,08 °C	0,19 °C
0,0470 °C		200,00 °C	-0,01 °C	-0,06 °C	0,14 °C
24,952 °C		200,00 °C	24,85 °C	-0,10 °C	0,14 °C
49,951 °C		200,00 °C	49,89 °C	-0,06 °C	0,14 °C
99,901 °C		200,00 °C	99,89 °C	-0,01 °C	0,18 °C
150,48 °C		200,00 °C	150,01 °C	-0,47 °C	0,41 °C
200,62 °C		200,00 °C	200,02 °C	-0,60 °C	0,41 °C

**TEMPERATURA (Temperature)**  
**Coda**

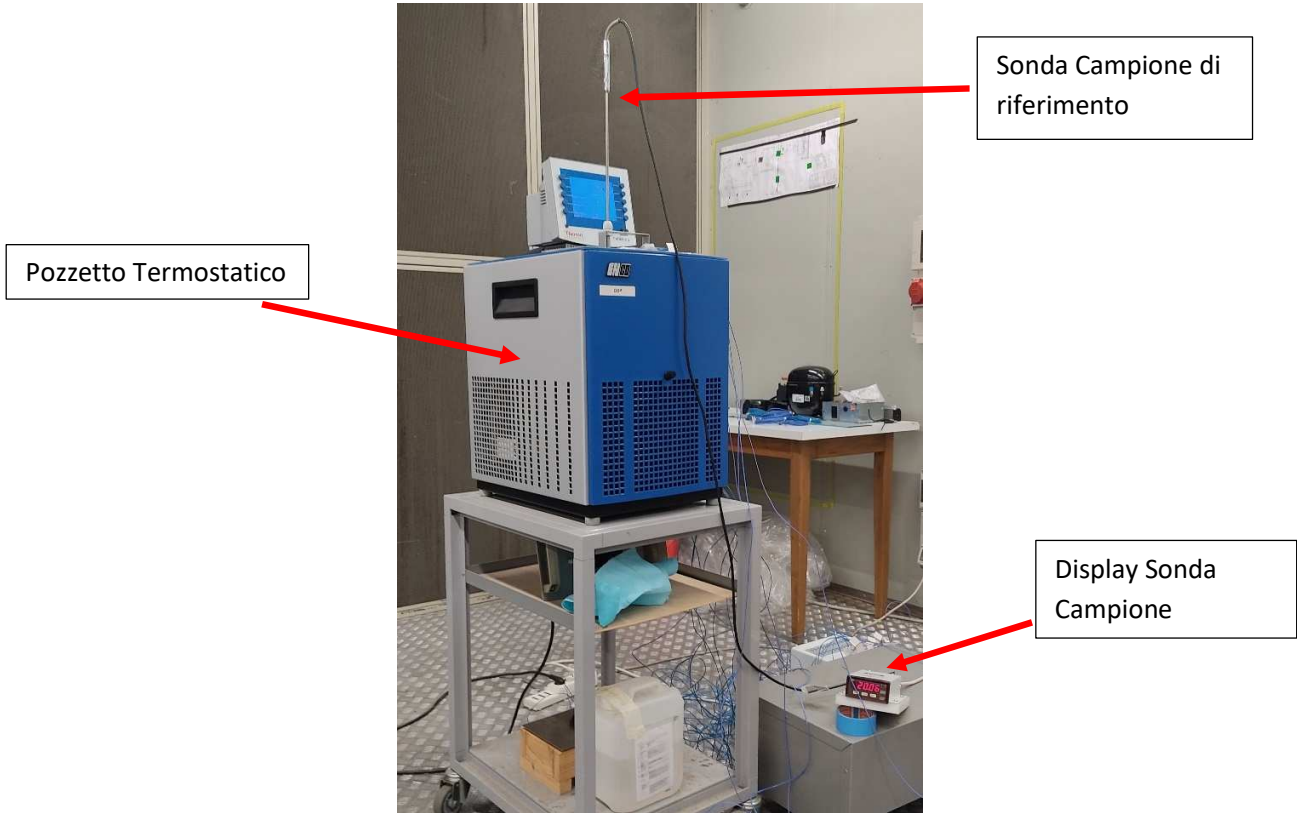
Grandezza applicata Applied quantity		Strumento in taratura Equipment in calibration		Risultato di misura Measurement result	
Valore Value		Portata Range	Valore Value	Errore Error	Incertezza Uncertainty
-40,009 °C		200,00 °C	-38,75 °C	1,26 °C	0,19 °C
0,0470 °C		200,00 °C	0,02 °C	-0,03 °C	0,14 °C
24,952 °C		200,00 °C	24,86 °C	-0,09 °C	0,14 °C
49,951 °C		200,00 °C	49,83 °C	-0,12 °C	0,14 °C
99,901 °C		200,00 °C	99,84 °C	-0,06 °C	0,18 °C
150,48 °C		200,00 °C	149,98 °C	-0,50 °C	0,41 °C
200,62 °C		200,00 °C	199,92 °C	-0,70 °C	0,41 °C

Fig. 3.35 – Certificato di Taratura della bobina delle termocoppie, testa e coda

## Taratura delle Termocoppie

**Descrizione del metodo:** La taratura delle termocoppie differisce dalla taratura della bobina, perché in questo caso si andrà a validare tutta la catena di misura: termocoppia + acquisitore dati + software di acquisizione. Quindi ogni termocoppia tarata andrà inserita in una specifica porta dell'acquisitore dati e la sua posizione non verrà più cambiata dopo la taratura; avremo un legame univoco tra la porta dell'acquisitore e la termocoppia, questo concretamente significa etichettare tutte le termocoppie con il numero della porta a cui sono collegate. Una volta collegate tutte le termocoppie necessarie per la taratura è possibile settare il programma di acquisizione e avviare la registrazione dei dati. Oltre a tutta la catena di misura già elencata è necessario avere una sonda campione di riferimento, che ci fornirà con un maggior grado di accuratezza l'esatta temperatura rilevata, nel nostro caso verrà utilizzata una Pt100 collegata a un display digitale nel quale è possibile visualizzare istantaneamente la temperatura rilevata. L'ultimo strumento che è necessario utilizzare è il pozzetto termostatico, è un recipiente al cui interno è

contenuto dell'olio, il quale viene riscaldato o raffreddato attraverso delle serpentine in base alla temperatura che viene impostata tramite display, come è possibile vedere in Fig. 3.36



*Fig. 3.36 – Setup Bagno termostatico e Sonda campione*

All'interno del bagno termostatico andranno inserite: la sonda campione di riferimento e le termocoppie da tarare; sebbene l'olio sia in costante movimento è importante inserire le termocoppie alla stessa profondità della sonda campione, per evitare il più possibile differenziali termici tra il primario e le termocoppie. Qui in basso (Fig. 3.37) si riporta la disposizione delle sonde all'interno del bagno termostatico.

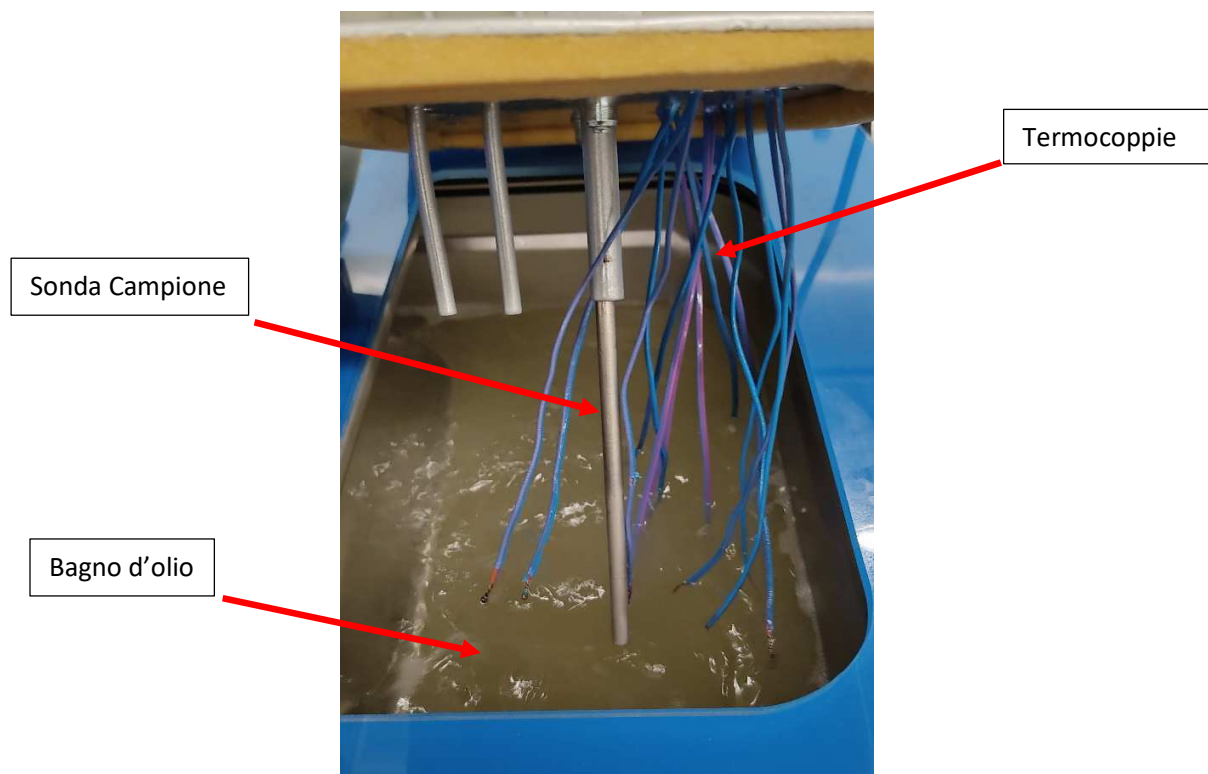


Fig. 3.37 – Bagno d’olio con Sonda Campione e Termocoppie

Quando tutte le sonde sono disposte all’interno del bagno si verifica che siano immerse tutte alla stessa profondità come è possibile vedere nella (Fig. 3.37). Il passo successivo è impostare la temperatura del bagno termostatico dal display, una volta che abbiamo verificato dal display della sonda campione (o dal display del pozzetto) che la temperatura dell’olio si è stabilizzata, è possibile avviare incominciare ad acquisire i primi dati. Per realizzare una corretta taratura verranno impostate 3 temperature differenti del bagno termostatico e saranno le seguenti:  $-1^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$ ; sono sufficienti questi 3 punti di temperatura perché i banchi frigoriferi in cui andranno inserite sono a temperatura positiva; quindi, non raggiungono mai temperature sotto i  $0^{\circ}\text{C}$ , solitamente le temperature di questi banchi frigoriferi sono al massimo di  $+4^{\circ}\text{C}$ . Conoscendo il range di temperatura necessario è possibile incominciare l’analisi dei dati: viene riportata qui sotto la tabella della taratura.

	Primario	Canale 1	Canale 2	Canale 3	Canale 4	Canale 5	Canale 6
Media	-0,920	0,078	0,012	-0,013	-0,082	-0,184	-0,210
Errore Trif-Tlet		-1,00	-0,93	-0,91	-0,84	-0,74	-0,71
Media	10,04	10,90	10,81	10,76	10,77	10,63	10,61
		-0,87	-0,77	-0,72	-0,73	-0,60	-0,57



Errore Trif-Tlet							
Media	20,11	20,80	20,72	20,69	20,64	20,54	20,52
Errore		-0,69	-0,61	-0,58	-0,53	-0,42	-0,40
	Canale 7	Canale 8	Canale 7	Canale 10	Canale 11	Canale 12	Canale 13
Media	-0,335	-0,239	-0,237	0,008	-0,328	-0,471	-0,500
Errore Trif-Tlet	-0,59	-0,68	-0,68	-0,93	-0,59	-0,45	-0,42
Media	10,50	10,60	10,62	10,81	10,51	10,44	10,41
Errore Trif-Tlet	-0,46	-0,56	-0,59	-0,77	-0,47	-0,40	-0,37
Media	20,42	20,49	20,51	20,72	20,51	20,41	20,41
Errore	-0,31	-0,38	-0,40	-0,61	-0,40	-0,30	-0,30

Fig. 3.38 – Tabella della Taratura

Come è possibile vedere nella tabella in Fig. 3.38, i dati sono suddivisi per colore nei 3 differenti range di temperatura: -1°C, +10°C, +20°C; nella prima colonna viene riportato il tempo esatto a cui è stata fatta l'acquisizione, nella seconda colonna viene riportata la misura della temperatura di riferimento con la sonda campione, nelle successive colonne vengono riportate tutte le temperature rilevate con le termocoppie numerate. In fondo ad ogni colonna viene calcolata la media delle misure per ogni sonda, successivamente viene calcolato l'errore tra la media della temperatura di riferimento e la media della temperatura della singola termocoppia:

$$Errore = \Delta T = \bar{T}_{Rif} - \bar{T}_{Let}$$

**Calibrazione:** L'errore o lo sconto dalla temperatura di riferimento può essere utilizzato per la calibrazione: ovvero il  $\Delta T$  calcolato viene inserito nel software di acquisizione, così che ogni valore misurato dal sistema sia istantaneamente corretto secondo la formula:

$$Y = X \cdot N^{\circ}TC + \Delta T$$

Dove Y è il nuovo valore acquisito con la correzione, X è il valore acquisito senza correzione, N°TC è il riferimento allo specifico canale di quella termocoppia e  $\Delta T$  è la correzione applicata. Quando verrà eseguita la calibrazione per ogni canale delle termocoppie, viene fatta una verifica un'ulteriore verifica per comprendere se la calibrazione ha diminuito l'errore sulle sonde. Viene ripetuta l'acquisizione nelle stesse modalità utilizzate in precedenza quindi, si ricalcola l'errore  $\Delta T$  per tutti e 3 le temperature: -1°C, +10°C, +20°C e si valuta per ogni canale se l'errore è aumentato o diminuito; dovremmo rilevare su tutti i canali che:

$$\Delta T_1 \geq \Delta T_2$$

Qui sotto vengono riportati i dati di verifica successivi alla calibrazione.

	Primario	Canale 1	Canale 2	Canale 3	Canale 4	Canale 5	Canale 6
Media	-0,08	0,24	-0,38	0,08	1,33	-0,44	-0,03
Errore Trif-Tlet		-0,32	0,30	-0,16	-1,40	0,36	-0,05
	Canale 7	Canale 8	Canale 9	Canale 10	Canale 11	Canale 12	Canale 13
Media	-0,05	-0,23	-0,23	0,09	0,06	0,08	0,11
Errore Trif-Tlet	-0,03	0,15	0,15	-0,17	-0,14	-0,16	-0,18

Fig. 3.39 – Tabella di verifica successiva alla calibrazione

Come è possibile vedere nella tabella lo scostamento tra, la temperatura di riferimento (che è intorno a 0°C) e la temperatura letta dalle sonde, è diminuito su tutti i canali di circa 0,5°C/0,9°C quindi, l'attività della calibrazione ha avuto un effetto migliorativo su tutti i canali testati. Ora che abbiamo raggiunto l'errore minimo possibile per le termocoppie si deve verificare attraverso il documento operativo OD-5014 quali sono i limiti di accuratezza per le misure di Temperatura e se sono rispettate dalla nostra catena di misura; siccome queste sonde verranno utilizzate per test con standard americani, si dovrà seguire anche la Normativa ASHRE americana, che ha degli standard differenti dalle normative emanate dalla IEC.

- Per quanto riguarda la OD-5014, i limiti di accuratezza, già discussi in precedenza, sono riportati nella tabella in Fig. 2.10 a Pagina 42. Per una temperatura con range che va dai -35°C ai +100°C l'accuratezza richiesta è di  $\pm 2^\circ\text{C}$
- Per quanto riguarda la normativa ASHRE americana il limite di accuratezza richiesto per la media delle misure è di  $\pm 0.8^\circ\text{C}$  ( $\pm 1.4^\circ\text{F}$ )

Entrambi i limiti imposti dalle normative che saranno utilizzate, sono stati rispettati; quindi, le nostre prove risulteranno validate in quanto rispettano pienamente le normative. Ora che i canali sono stati tarati e calibrati sono pronti per essere utilizzarli per le varie attività, è possibile iniziare i test sui banchi frigoriferi.

### 3.5 Acquisitore di dati Seneca

Un altro progetto che è stato seguito è quello del nuovo acquisitore dati Seneca, che verrà utilizzato per acquisire i dati di vari strumenti e sensori collegati al banco frigorifero, all'acquisitore verranno collegati: le termoresistenze, le termocoppie, segnali di input analogici e segnali di input digitali.

La prima azione che è stata fatta è quella di calcolare il numero di moduli, di vario genere, necessari per l'acquisizione dati dei vari strumenti.

Tipologie di moduli utilizzati:

- Modulo per 4 ingressi RTD, ingressi termoresistenze (12-24 V dc / 24 V ac)
- Modulo per 8 ingressi TC, ingressi termocoppie
- Modulo 8 ingressi analogici, Volt o Corrente (12-24 V dc / 24 V ac)
- Modulo 10 ingressi digitali, (12-24 V dc / 24 V ac)

Le esigenze che si possono avere durante i test possono variare da test a test poiché i banchi provati hanno dimensioni diverse tra loro e quindi richiedono meno sensori o più sensori. Quindi si deve considerare la condizione peggiore ovvero: quella in cui testiamo il banco frigorifero più grande, che richiede maggior quantità di sensori (termocoppie, termoresistenze, input analogici, input digitali). Inoltre, le sale climatiche, dove vengono testati i frigoriferi, dispongono già di moduli per l'acquisizione dati, ormai vecchi, che dovranno essere sostituiti con in nuovi moduli di acquisizione della Seneca. Attualmente in ogni sala ci sono 2 moduli di acquisizione dati con 60 canali ognuno, quindi un totale di 120 canali massimi acquisibili per ogni sala.

I 120 canali dei moduli vecchi sarà il numero che dovrà essere replicato sui nuovi moduli, altrimenti se si creassero dei moduli con meno canali si correrebbe il rischio durante le prove di non avere abbastanza canali per raccogliere tutti i dati necessari per eseguire correttamente il test.

Il secondo passo è stato acquistare i vari moduli di acquisizione dati dal fornitore (tenendo in riferimento i 120 canali necessari) e le relative basi che permettono di connettere tra di loro i vari moduli. Infine, viene utilizzato un altro modulo (master) che raccoglie i dati provenienti dai moduli (slave) e li trasferisce al pc; inoltre sono stati acquistati tutti i connettori maschi e femmine, che andranno collegati ai moduli e ai sensori. Ci sono due tipi di connettori maschi/femmine, che sono stati utilizzati: connettori per termocoppie e connettori per termoresistenze. I primi vengono utilizzati per connettere le termocoppie ai moduli, la tipologia di termocoppie utilizzata è di tipo T; quindi, un filo è in rame e un filo è in costantana, ovviamente anche il connettore maschio femmina sarà del tipo T rame/costantana. Mentre i connettori per le termoresistenze sono a due poli costituiti dallo stesso materiale. In seguito, vengono riportate le figure delle due tipologie di connettori: Fig. 3.40 termocoppie, Fig. 3.41 termoresistenze

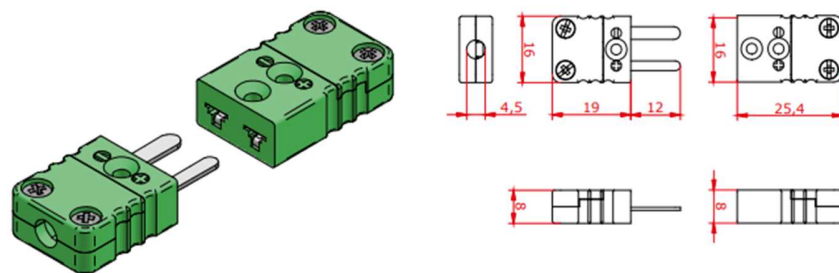


Fig. 3.40 - Connettore maschio/femmina termocoppia

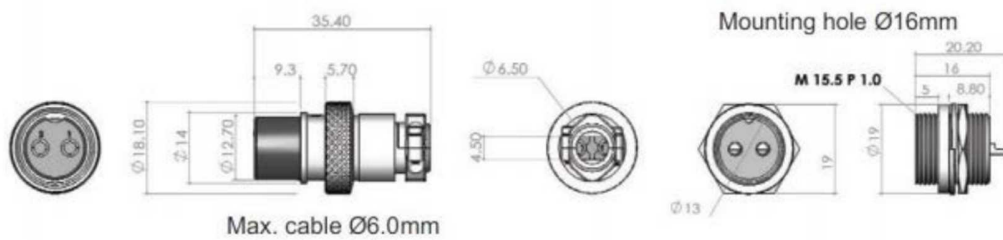


Fig. 3.41 - Connettore maschio/femmina termoresistenza

## Progettazione

Conoscendo il numero di canali o ingressi che andranno inseriti per ogni acquisitore, si ricava anche il numero di moduli per ogni acquisitore. Ora che conosciamo: il numero dei moduli da utilizzare e il loro ingombro, il numero di porte/connettori da utilizzare; possiamo cominciare a delineare un primo schema su come impostare i vari moduli all'interno della scatola di acquisizione, per comprendere anche gli ingombri totali della stessa scatola. Oltre ai moduli di acquisizione all'interno del box verranno inseriti: l'alimentatore della corrente, l'interruttore per tagliare l'alimentazione, la porta rj45 con cui andremo a connetterci al Pc attraverso un cavo ethernet. conoscendo questi due dati si può cominciare a progettare il box dove verranno inseriti tutti i componenti necessari per il funzionamento dell'acquisitore.

Le parti più ingombranti sono i moduli di acquisizione, quindi per il calcolo dell'altezza, profondità e lunghezza si dovrà tenere presente l'ingombro di tutti i moduli che andranno inseriti nel box. Fortunatamente il fornitore dei moduli Seneca ci ha rilasciato il file CAD 3D così da poterlo inserire nel file CAD Assembly del box di acquisizione e così avere una misura precisa dell'ingombro dei moduli. Qui sotto riporto il CAD Assembly che è stato creato per vedere la disposizione e gli ingombri dei vari moduli.

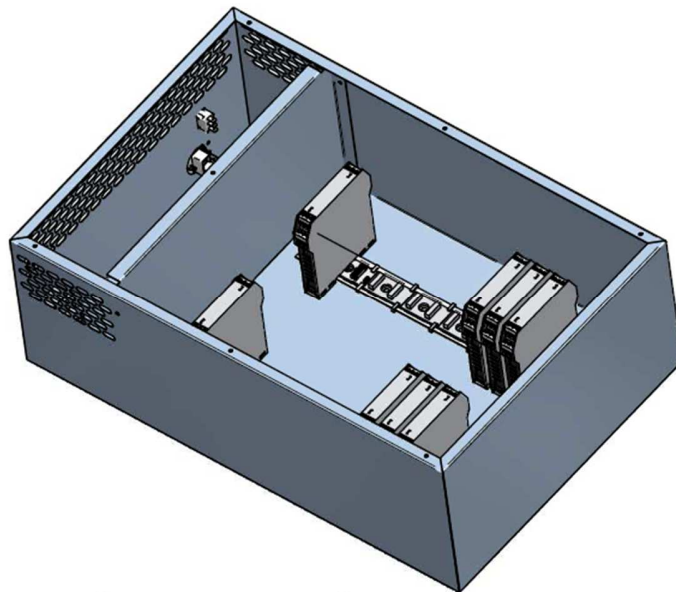


Fig. 3.42 - Box di acquisizione con i vari moduli

Oltre alla parte inferiore del box viene realizzato anche il coperchio dove andranno disposti tutti i connettori per le termocoppie e per le termoresistenze. Ci sono due soluzioni per il coperchio: creare un box unico che contenga sia i canali delle termocoppie che delle termoresistenze o creare due box separati, uno per le termocoppie e uno per le termoresistenze. Si procede generando le tavole dei coperchi dell'acquisitore, riportate qui sotto.

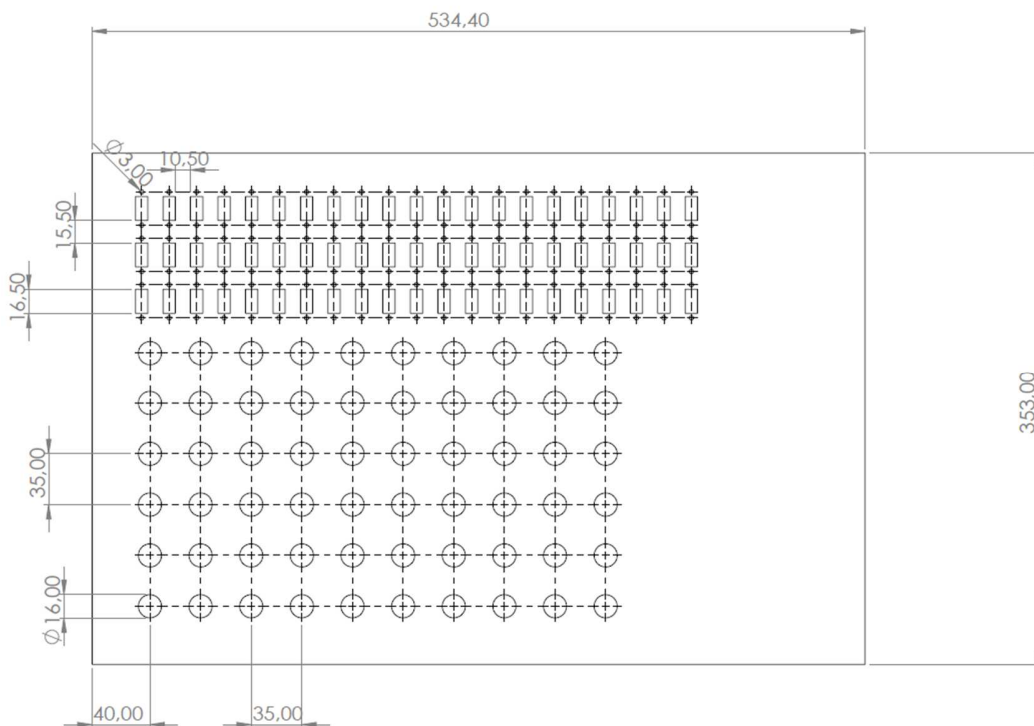


Fig. 3.43 - Soluzione 1 coperchio con canali Termocoppie e Termoresistenze

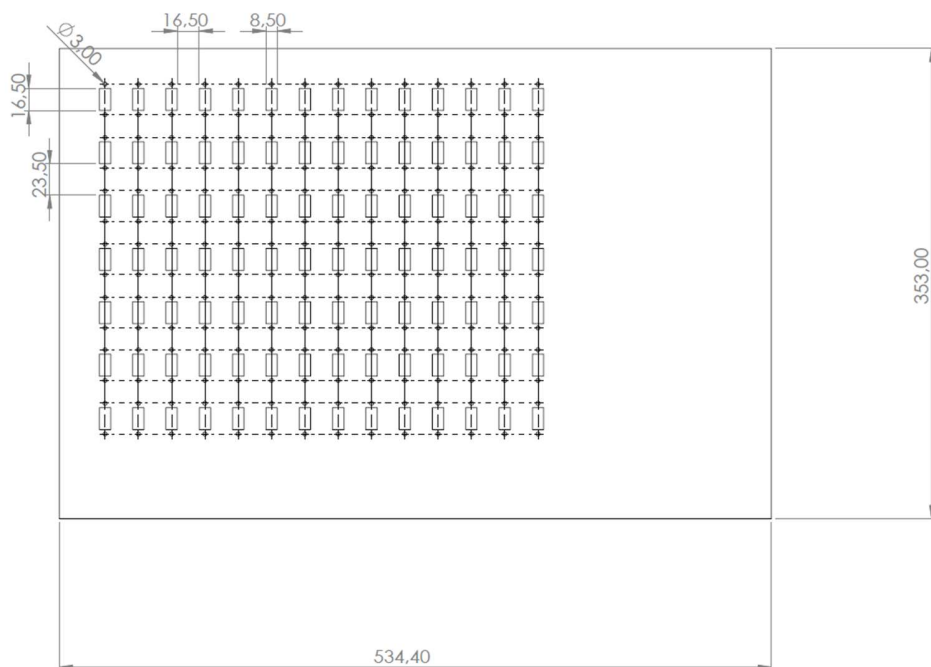
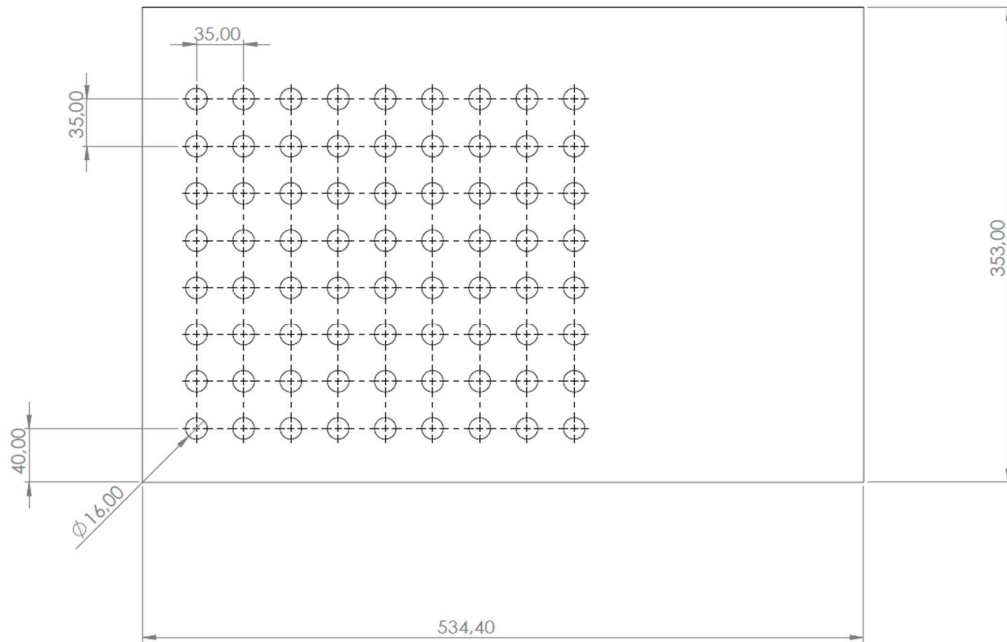


Fig. 3.44 - Soluzione 2 Coperchi separati per Termocoppie e Termoresistenza

Entrambe le soluzioni hanno i loro vantaggi; la soluzione 1 (Fig. 3.43) raccoglie in un unico box tutti gli acquisitori, è vantaggioso in quanto è una soluzione compatta ed economica perché richiede: un solo alimentatore, un solo box, una sola porta ethernet collegata al PC e richiede meno cablaggi. Lo svantaggio di questa configurazione può ospitare meno canali della soluzione 2 ed essendo un modulo unico è meno adattabile alle esigenze dei vari frigoriferi da testare che hanno ingombri differenti.

La soluzione 2 (Fig. 3.44) raccoglie in due box differenti tutte le termocoppie e tutte le termoresistenze, il vantaggio di questa suddivisione sono: poter ospitare un maggior numero di canali (supplementari) all'interno del box e avere una soluzione più flessibile per poter collegare tutti i sensori provenienti dal banco frigorifero fino all'acquisitore; mentre il fatto di avere due moduli aumenta i costi di realizzazione perché avremo bisogno di 2 alimentatori, 2 box ecc. Quindi si ha un costo maggiore a fronte di una maggiore flessibilità e un maggior numero di canali disponibili sul box.

Sono stati presentati i due progetti al responsabile del laboratorio, per scegliere quale costruire tra i due. Quando abbiamo delineato uno schema di massima della scatola di acquisizione, si può dialogare con l'ufficio Progettazione che prenderà in carico lo schema e creerà i disegni/tavole definitivi che serviranno per realizzare i box; inoltre verrà realizzato l'insieme di tutte le parti del box di acquisizione

### Validazione

Confrontandomi con il responsabile di laboratorio si è deciso di scegliere la disposizione con divisa in due box, uno per le termoresistenze e uno per le termocoppie per un utilizzo più flessibile. Una volta scelta la configurazione definitiva, è possibile comunicarlo al progettista di riferimento, che elaborerà il rendering definitivo dei box che è possibile vedere qui sotto, in Fig. 3.45

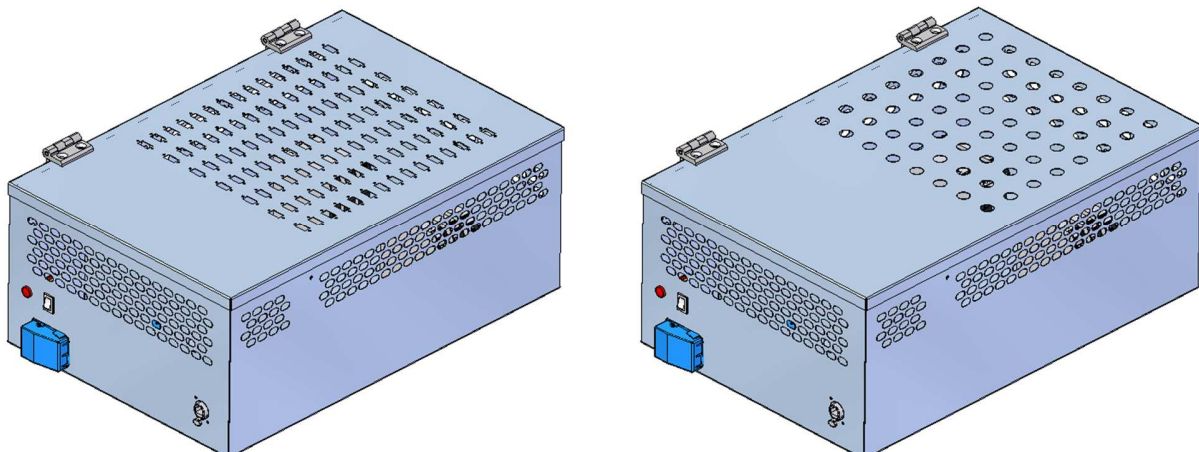
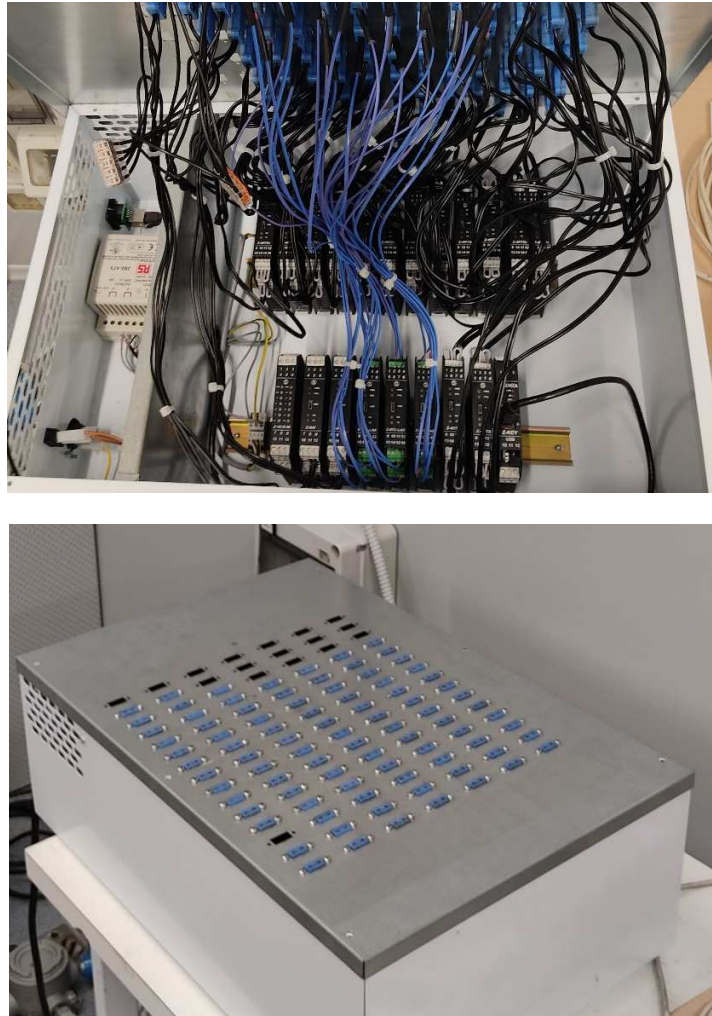


Fig. 3.45 – Box di acquisizione per Termocoppie (a sinistra) e Box per Termoresistenze (a destra)

### Produzione e Assemblaggio

Ora che ci sono i prototipi definitivi è possibile chiedere alla produzione di realizzare le lamiere necessarie per costruire il box di acquisizione; inoltre sarà necessario acquistare tutta la componentistica necessaria all'assemblaggio, come: cavi, spine, porte, connettori, alimentatori, interruttori, cerniere.

Alcuni di questi componenti sono reperibili nel magazzino dello stabilimento, altri andranno acquistati da fornitori esterni. È importante acquistare componenti di buona qualità, affinché la misurazione delle grandezze non sia influenzata da errori dovuti ai componenti utilizzati. Quando è stato reperito tutto il materiale necessario, è possibile iniziare l'assemblaggio del box, collegando tutti i canali ai connettori e collegandolo all'alimentazione.



*Fig. 3.46 – Assemblaggio Box di acquisizione*

### **Test sul prototipo**

Una volta assemblato e configurato il primo prototipo del modulo di acquisizione è necessario passare alla fase di test. I primi test consistono nel verificare che tutti i moduli siano alimentati e che i dati acquisiti siano corretti. In seguito, vengono riportati i passaggi del 1° Test:

- Verifica che tutte le porte dei moduli siano collegate ai relativi cavi



- Verifica che tutti i cavi siano collegati ai connettori dei sensori
- Verificare che tutti i moduli siano correttamente inseriti nella guida

Passaggi 2° Test:

- Il modulo viene alimentato e acceso
- Si verifica che tutti i moduli siano alimentati correttamente attraverso il LED PWR
- Si verifica che tutti i moduli trasmettano/ricevano informazioni attraverso i LED RX e TX
- Si collega l'acquisitore al PC e aprendo il software di acquisizione (Data Recorder) si connette l'acquisitore al PC
- Si collegano i vari sensori ai moduli interessati (termocoppie, termo resistenze)
- Si avvia la registrazione di tutti i dati per 24h

Al termine delle 24h si conclude la registrazione dei dati, per questa prima acquisizione sono stati acquisiti solo i 4 canali (termo resistenze) del primo modulo. Il grafico dell'acquisizione viene riportato qui in basso.

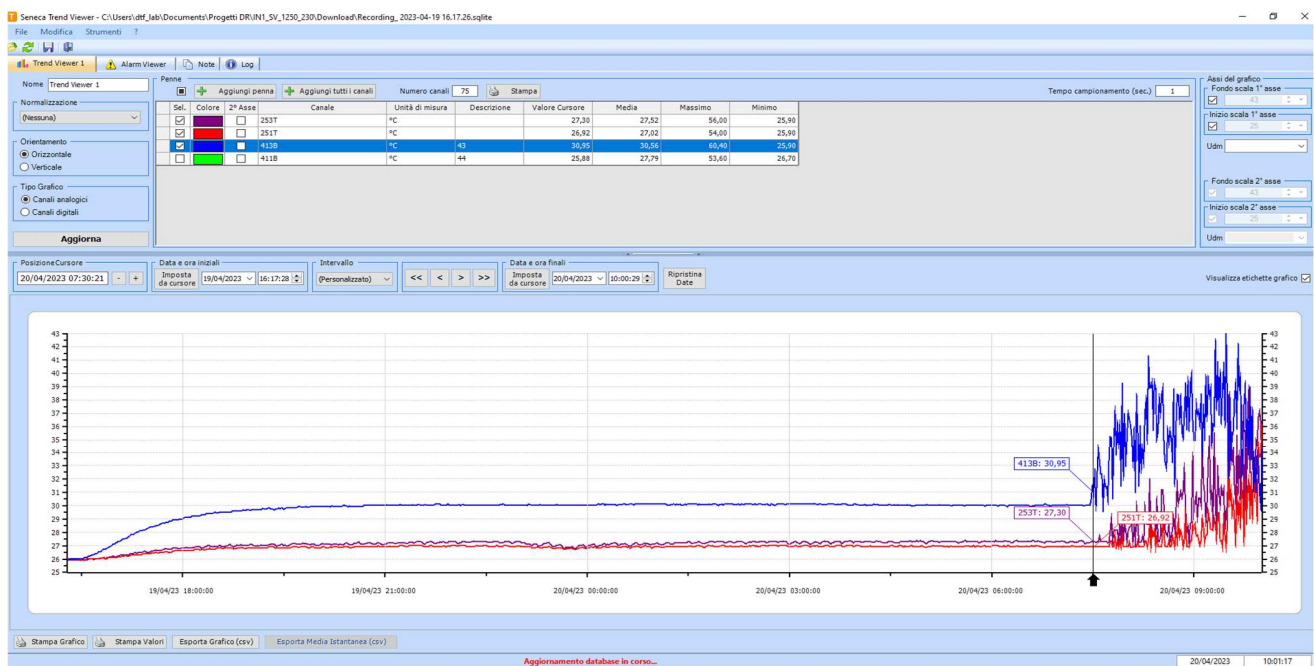


Fig. 3.47 – Grafico di acquisizione della Temperatura delle termo resistenze

Come possiamo vedere in Fig. 3.46, in testa vengono riportati i nomi dei canali che sono stati acquisiti, selezionando colori diversi, mentre in basso è presente il grafico delle temperature acquisite: sull'asse x è riportato il tempo e sull'asse y è riportata la temperatura. Risulta chiaro dal grafico che ad un certo istante dell'acquisizione i valori delle temperature, che prima erano stabili hanno incominciato a oscillare in modo significativo, questo fenomeno non viene compreso poiché le sonde sono state poste all'interno di una sala climatica che per 24h non ha modificato la sua temperatura, quindi la temperatura dovrebbe essere rimasta in un intervallo tra i 26° C e i 30° C mentre questo non avviene, si può vedere chiaramente

che questo disturbo può portare la temperatura rilevata fino anche a 43° C, falsando completamente la misura. Siccome non conosciamo l'origine del disturbo, entriamo nel dettaglio dell'acquisizione per cercare di comprendere al meglio il problema: restringiamo l'intervallo di acquisizione a 5min e cerchiamo di capire cosa accade secondo per secondo durante l'acquisizione.

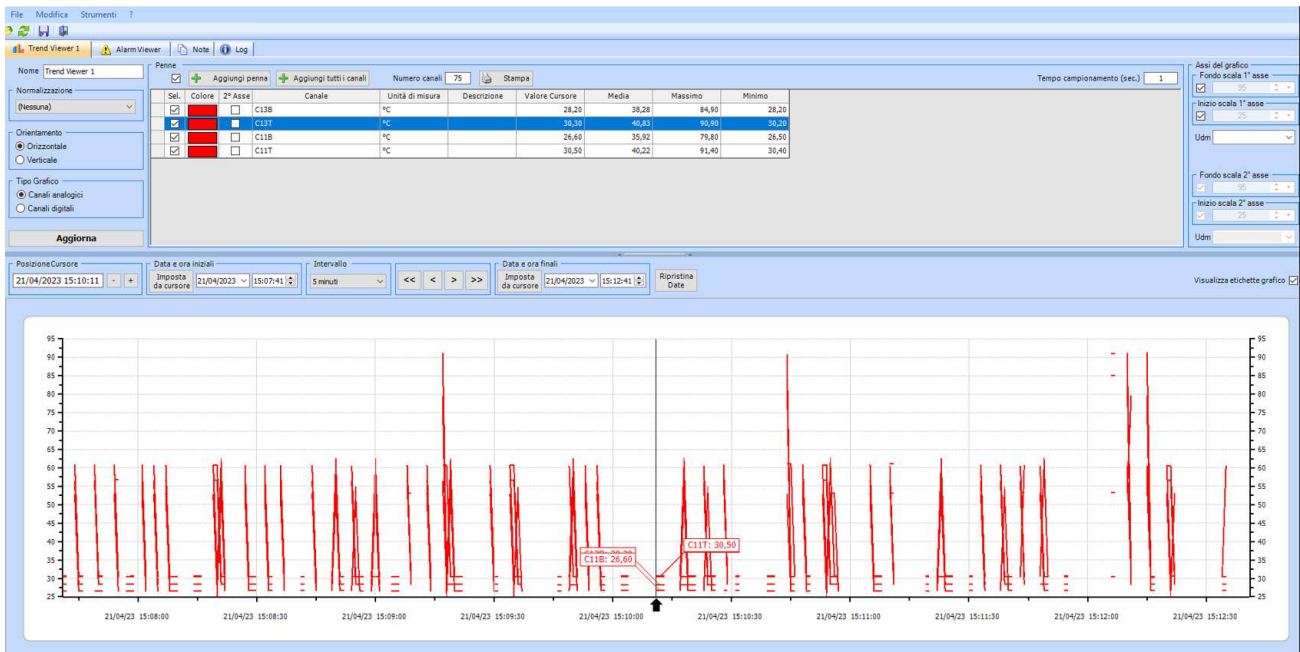


Fig. 3.48 – Grafico di acquisizione della Temperatura delle termo resistenze (intervallo 5 minuti)

In Fig. 3.47 possiamo vedere l'acquisizione su un intervallo di 5 minuti: il problema, da vicino, risulta evidente non è presente una linea retta costante nel tempo per ogni canale, ma ci sono delle interruzioni con in aggiunta dei picchi, responsabili delle oscillazioni delle misure. Quindi a causa di questi picchi non si ottiene la lettura corretta della temperatura. Contattando il servizio di supporto del costruttore e descrivendo il problema, si è ipotizzato che il disturbo fosse dovuto al valore del Timeout che era stato impostato, per correggere questo parametro si è dovuto accedere alla pagina online di configurazione (Web Server) ed è stato modificato il valore di Timeout da 500 [ms] → 2000 [ms]. Dopodiché è stata lanciata un'altra acquisizione da 24h, ma purtroppo il disturbo non è stato risolto ma è ancora presente nelle acquisizioni delle temperature. Il passo successivo è continuare a fare i test sul box di acquisizione, fino a quando non si riuscirà ad isolare il disturbo. Per identificare il disturbo si è deciso di fare un test di staccando tutti i moduli, lasciandone solo 1 su 20 collegato, questa modifica ha eliminato il disturbo solo nel momento in cui il modulo di acquisizione e il modulo che comunica con il PC erano affiancati, mentre quando i moduli erano collegati a due porte seriali lontane tra loro il disturbo si ripresentava, a questo punto si ipotizza che siano le porte seriali ad introdurre il disturbo. Successivamente è stato eseguito un test sostituendo le vecchie porte seriali con delle nuove, ma il disturbo è rimasto. Confrontandoci con il servizio di supporto, si è pensato di installare un ripetitore tra le due porte seriali che collegano tutti i moduli, il ripetitore dovrebbe risolvere eventuali perdite di qualità del segnale tra i moduli dei sensori e il modulo che comunica con il PC.

Dopo aver installato il ripetitore all'interno del box e dopo essere stato collegato alle due seriali, è stato realizzato un primo test che però ha evidenziato lo stesso disturbo che era già presente; quindi, l'utilizzo del ripetitore non ha sortito l'effetto sperato. Il problema del disturbo persiste e sarà necessario trovare un'altra soluzione per risolvere questo problema. Il box di acquisizione è stato rimandato al fornitore per effettuare delle prove sul modulo di acquisizione, il quale ha collegato il dispositivo al PC e dopo 2 giorni di acquisizione non ha rilevato nessun disturbo. Quindi il servizio di supporto non è riuscito a replicare gli stessi problemi rilevati dalle prove in laboratorio, se nei test successivi non si riusciranno ad ottenere le stesse problematiche, ci sarà una maggiore complicazione poiché se il servizio di supporto non riesce a vedere gli stessi disturbi, non potrà mai proporre una soluzione a questi disturbi. Il problema dei disturbi al momento resta ancora senza una soluzione.

## CONCLUSIONI

### Audit CTF 1

Alla conclusione del percorso di certificazione, dopo aver attuato tutte le misure necessarie affinché il laboratorio abbia tutti i requisiti necessari per ottenere la CTF 1, viene programmata un audit, ovvero un incontro tra l'ente certificatore che rilascerà l'attestato e i responsabili del laboratorio, questo incontro ha l'obiettivo di dimostrare al certificatore che sono state attuate tutte le misure concordate per realizzare al meglio i test all'interno del laboratorio. L'audit è pianificato nel seguente modo:

1. Incontro preliminare con l'ente e programmazione della giornata
2. Meeting iniziale con tutti i responsabili del laboratorio
3. Visita guidata all'interno delle strutture del laboratorio
4. Verifica dei requisiti ambientali e strutturali
5. Meeting con il personale che esegue i test nel laboratorio
6. Verifica dei requisiti di competenza del personale
7. Verifica della strumentazione
8. Verifica che la strumentazione abbia i requisiti adatti alle prove
9. Verifica della tracciabilità metrologica degli strumenti
10. Verifica del manuale della qualità
11. Apertura delle non conformità e azioni correttive
12. Meeting finale con i responsabili del laboratorio
13. Chiusura dell'audit e rilascio della certificazione

Tutti questi punti ed eventuali criticità sono state discusse anticipatamente con l'auditor, così che il giorno della verifica in laboratorio non si riscontrassero particolari non conformità inaspettate. Gli argomenti trattati durante l'audit sono gli stessi discussi nei capitoli precedenti, quindi, vengono solamente presentati all'auditor i risultati raggiunti.

Per quanto riguarda il punto 3 dell'audit, si verifica che la sala destinata ai test sia a norma, si esaminano i sensori di temperatura e di umidità, si stampa il tracciato della temperatura e dell'umidità della sala e si controlla che rispetti i requisiti richiesti. Successivamente si passa a verificare la corrente di alimentazione della sala, viene presentato il documento che è stato descritto nel capitolo dei Documenti Operativi nel paragrafo di Misurazioni sulla distorsione di rete, THD, dove viene ampiamente spiegato come realizzare la prova e redigere il documento da presentare in sede di audit. Il documento dichiarava che con le misure eseguite, i valori di: tensione, corrente, frequenza e THD, rientravano nei limiti di accettabilità dimostrando, che la rete di alimentazione è nella norma. L'ultimo documento, che viene visionato riguardante le sale è il file di manutenzione di ogni singola sala, dove sono raccolte tutte le manutenzioni che sono state eseguite negli anni nelle rispettive sale.

Una volta completato il punto 3 si passa ai punti relativi alla strumentazione, viene verificato insieme all'auditor, che la strumentazione abbia requisiti necessari per essere utilizzata durante i test, visionando le schede strumento. Successivamente si verificano i certificati di taratura di ogni strumento che potrà essere utilizzato, se lo strumento è tarato internamente verranno visionati i Report della taratura interna e il certificato di taratura del primario con cui è stata eseguita la taratura.

Completata la parte sulla strumentazione si passa a visionare il manuale della qualità, dove vengono raccolte tutte le procedure del laboratorio e dove vengono indicati tutti i ruoli e le responsabilità delle varie figure all'interno del laboratorio.

Alla fine di tutte queste verifiche, se non si sono riscontrate non conformità durante l'audit è possibile ottenere l'attestato che certifica il raggiungimento della CTF 1, grazie al quale è possibile eseguire i test all'interno del proprio laboratorio.

## **Risultati e Vantaggi Ottenuti**

Con l'ottenimento della certificazione CTF 1 si sono ottenuti diversi benefici che si riportano qui di seguito:

- Diminuzione del costo per l'emissione dei certificati CB, in quanto c'è una maggiore cooperazione e ripartizione dei test, con gli enti esterni di certificazione. Un certificato CB presso un ente esterno ha un costo indicativo di 15.000 € - 20.000 € in base alla grandezza della famiglia prodotto e a tutti i componenti aggiuntivi. Con le prove che possono essere realizzate all'interno del nostro laboratorio si può ottenere un risparmio del CB del 15% - 18% sul costo totale.

- Aumento del know how nell'ambito della certificazione CB, che permette di anticipare i problemi dovuti a una non conformità riscontrata durante le prove di sicurezza elettrica, cercando di risolvere i problemi all'inizio della progettazione del prodotto e non alla fine, generando così un risparmio nei costi e nel tempo.
- Una maggiore velocità nell'ottenimento del certificato CB, poiché il carico di lavoro viene suddiviso tra il laboratorio interno e laboratorio esterno dell'ente. La diminuzione dei tempi per l'ottenimento del CB diminuisce anche il tempo di attesa, prima che un prodotto possa essere venduto, quindi, una diminuzione del Time to Market.
- La conoscenza approfondita delle norme della CEI/EN 60335 e delle altre norme permette anche di informarsi in tempi più rapidi sugli aggiornamenti delle norme emessi dalla IEC, invece di aspettare le segnalazioni degli aggiornamenti da parte degli enti che emettono il CB.

## Obiettivi Futuri

L'obiettivo che era stato posto ad inizio della tesi, è stato raggiunto con l'emissione del certificato CTF1, ma è stato ottenuto solo il primo step di questa certificazione, ora le strade per continuare a far progredire il laboratorio sono 2: la prima è ottenere gli step successivi quindi, CTF 2 e CTF 3, che permettono di ottenere una maggiore autonomia e di non essere seguiti costantemente dall'ente che ha rilasciato la Customer Testing Facility; gli step successivi possono essere raggiunti se il laboratorio riesce a dimostrare di aver raggiunto una maggior solidità nella gestione degli strumenti e delle strutture, riesce a garantire un'imparzialità nella esecuzione dei test e riesce a dimostrare di seguire tutte le procedure richieste dalla ISO 17025. Oppure è possibile mantenere solo la CTF 1, ma ampliare il set di prove, che il laboratorio può ospitare al suo interno, aumentando sempre di più il reparto strumenti all'interno del laboratorio e completando tutte le prove descritte della norma CEI/EN 60335, aumentando così anche le conoscenze della stessa norma. È possibile seguire entrambi i percorsi contemporaneamente, ma il carico di lavoro risulta maggiore e questo limiterebbe il numero di progetti a cui ci si può dedicare oltre a questo. Siccome il progetto Customer Testing Facility è seguito solo da una persona, non è possibile raggiungere un livello di autonomia pari alla CTF 3: il quantitativo di documenti che è necessario presentare per la corretta gestione della CTF 3, sarebbe così elevato che una sola persona non riuscirebbe a seguirlo in modo corretto. Risulta quindi più praticabile seguire l'altra strada, mantenendo la CTF 1 e ampliando il set di prove realizzabili in laboratorio: imparando le procedure per l'esecuzione di nuovi test, acquistando la strumentazione adatta alle nuove prove. Il vantaggio di questo processo è che può essere intrapreso gradualmente, non ha bisogno di un grande investimento iniziale, ma è possibile acquistare gli strumenti poco alla volta e acquisire le conoscenze step by step per i differenti test, quindi, è un percorso che se mantenuto negli anni, potrà aumentare notevolmente l'esperienza sui test di sicurezza elettrica. Infine, questa tesi non ha avuto l'obiettivo di descrivere un percorso, che viene portato a termine nella sua totalità, bensì descrive l'inizio di un percorso ben più lungo, che raggiungerà il suo compimento solo tra qualche anno, quando tutte le prove necessarie saranno eseguite all'interno del proprio laboratorio.



## BIBLIOGRAFIA

### Testi:

- [1] J. Mandel, The Statistical Analysis of Experimental Data, Washington D.C, 1964
- [2] «Test'ing» [Online], Available: <https://www.test-ing.it/>
- [3] «IECEE » [Online], Available: <https://www.iecee.org/index.htm>
- [3] «IEC » [Online], Available: <https://www.iec.ch/homepage>
- [5] ISO/IEC 17025:2018 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- [6] CEI IEC 60335-1: 2013-05, Sicurezza degli apparecchi elettrici d'uso domestico e similare – Parte 1: Norme generali
- [7] CEI EN 60335-2-89: 2011-11, Apparecchi elettrici d'uso domestico e similare – Sicurezza Parte 2: Norme particolari per apparecchi per la refrigerazione commerciale comprendenti un'unità di condensazione del fluido frigorifero o un compressore, incorporato o remoto
- [8] IECEE OD-5010 IECEE OPERATIONAL DOCUMENT 2021-06-01, Procedure for measuring Laboratory Power Source characteristics
- [9] IECEE OD-5011 IECEE OPERATIONAL DOCUMENT 2015-06-03, Requirements for Traceability of Calibrations and Calibration Intervals
- [10] IECEE OD-5012 IECEE OPERATIONAL DOCUMENT 2021-06-01, Laboratory procedure for acceptance, preparation, extension and use of Thermocouples
- [11] IECEE OD-5014 IECEE OPERATIONAL DOCUMENT 2021-06-01, Instrument Accuracy Limits
- [12] IECEE OD-2048 IECEE OPERATIONAL DOCUMENT 2021-06-01, Utilization of Customers' Testing Facilities