



# ELABORAZIONE DEI SEGNALE E DELLE INFORMAZIONI DI MISURA

DESCRIZIONE SINTETICA DELLE VDL  
RACCOLTA DEI CONCETTI.

BY TOSCANO MARIO

## Sommario

01_ Unità di misura .....	3
02_ Legislazione Comunitaria e Normazione .....	4
03_ Sistema Qualità Italia .....	5
04_ Approccio alla Gestione in Qualità .....	6
05_ Qualità Totale .....	7
06_ Misura e misurazione .....	8
07_ Elementi di statistica per le misure .....	9
08_ .....	10
ESEMPI DI APPLICAZIONI STATISTICHE PER LE MISURE .....	10
09_ Incertezza di Misura e Norma UNI CEI ENV 13005 .....	10
10_ PROPAGAZIONE DELL'INCERTEZZA DI MISURA .....	11
11_ .....	12
SENSORI E TRASDUTTORI una panoramica completa dei sensori e dei trasduttori, fondamentali per il controllo di processo moderno. ....	12
12_ .....	12
CARATTERISTICHE DEI TRASDUTTORI .....	12
13_ .....	14
PRINCIPI DI TRASDUZIONE .....	14
14_ .....	15
potenziometri, trasformatori differenziali ed encoder, trasduttori di velocità .....	15
15_ .....	16
trasduttori di temperatura, estensimetri trasformatori di misura .....	16
16_ .....	17
circuiti elettrici elementari .....	17
17_ .....	18
Misura delle Grandezze Elettriche Fondamentali .....	18
18_ .....	18
misure di potenza elettrica .....	18
19_ .....	19
Oscilloscopio .....	19
20_ .....	20
caratteristiche di qualità ed utilizzo dell'oscilloscopio .....	20
21_ .....	22
Conversione Analogico-Digitale .....	22
22_ SISTEMI DI ACQUISIZIONE DATI .....	22

23_.....	23
<b>Analisi dei processi e process capability.....</b>	<b>23</b>
<b>24_ESEMPI DI ANALISI DELLA PROCESS CAPABILITY.....</b>	<b>24</b>
25_.....	25
<b>Analisi Grafica della Process Capability .....</b>	<b>25</b>
26_.....	25
<b>Costruzione di istogrammi .....</b>	<b>25</b>
27_.....	26
<b>Rappresentazione Grafica e Calcolo dei Dati di Processo .....</b>	<b>26</b>
28_.....	27
<b>Rappresentazione Grafica e Calcolo dei Dati di Processo .....</b>	<b>27</b>
29_.....	27
<b>Tecniche di campionamento per il prelievo dei dati.....</b>	<b>27</b>
30_.....	28
<b>Comprensione dell'andamento dei processi.....</b>	<b>28</b>
31_.....	29
<b>diagramma causa-effetto.....</b>	<b>29</b>
32_.....	30
<b>Ricerca Delle Funzioni Di Correlazione .....</b>	<b>30</b>
34_.....	31
<b>Modelli di Deterioramento .....</b>	<b>31</b>
35_.....	31
<b>modelli di vita accelerata .....</b>	<b>31</b>
36_NON Qualità .....	32
37_.....	33
<b>Esempi di calcolo del costo della non qualità.....</b>	<b>33</b>
38_.....	33
<b>La Qualità dei Servizi .....</b>	<b>33</b>
40_.....	35
<b>Applicazione del Sistema Servqual .....</b>	<b>35</b>
<b>43_CARTE DI CONTROLLO SULLE NON CONFORMITÀ.....</b>	<b>38</b>
44_.....	38
<b>L'esame delle carte di controllo .....</b>	<b>38</b>
45_.....	39
<b>Approccio misuristico alle carte di controllo .....</b>	<b>39</b>
46_.....	40

<b>impostazione delle ipotesi in contesti ingegneristici.....</b>	<b>40</b>
47_ .....	41
<b>Definizione del Criterio Formale di Decisione .....</b>	<b>41</b>
48_ .....	41
<b>Collaudo Campionario .....</b>	<b>41</b>
49_ .....	42
<b>Analisi della media e della varianza .....</b>	<b>42</b>
50_ .....	43
<b>Applicazioni di verifica delle ipotesi .....</b>	<b>43</b>
51_ .....	43
<b>IL RISCHIO ELETTRICO .....</b>	<b>43</b>
52_ .....	44
<b>Sicurezza dei sistemi elettrici .....</b>	<b>44</b>
53_ .....	45
<b>L'impianto di terra .....</b>	<b>45</b>
54_ .....	45
<b>Prove e misure per la sicurezza elettrica.....</b>	<b>45</b>

## 01\_Unità di misura

Un'introduzione completa ai concetti fondamentali delle grandezze fisiche, dei sistemi di misura e delle unità di misura.

### **\*\*Capitolo 1: Grandezze Fisiche ed Unità di Misura\*\***

Il capitolo inizia definendo le grandezze fisiche come proprietà misurabili di un sistema, sottolineando la necessità di avere definizioni operative che trasformino un'idea astratta in una quantità misurabile. Viene poi introdotto il concetto di unità di misura, sottolineando la sua importanza per rendere confrontabili le grandezze fisiche e per consentire lo sviluppo di un linguaggio scientifico comune.

### **\*\*Capitolo 2: Classificazione delle Grandezze Fisiche\*\***

Il capitolo approfondisce la classificazione delle grandezze fisiche, distinguendo tra grandezze omogenee ed eterogenee, le prime confrontabili direttamente tra loro, le seconde no. Vengono poi introdotte le grandezze fondamentali e derivate, le prime utilizzate come riferimento per derivare le seconde. Infine, il capitolo distingue tra grandezze scalari e vettoriali, le prime definite da un valore numerico, le seconde da intensità, direzione e verso.

### **\*\*Capitolo 3: Sistemi e Unità di Misura\*\***

Il capitolo discute i sistemi di misura e le unità di misura, evidenziando come per ogni grandezza esistano

diverse unità di misura, in base al campo di applicazione scientifica. Vengono quindi illustrati alcuni esempi di unità di misura per la lunghezza, evidenziando l'evoluzione storica delle unità di misura.

#### **\*\*Capitolo 4: Il Sistema Internazionale\*\***

Il capitolo si concentra sul Sistema Internazionale di unità di misura (SI), che definisce sette grandezze fondamentali (lunghezza, massa, tempo, temperatura, intensità di corrente, intensità luminosa, quantità di materia) e le relative unità di misura. Vengono quindi approfondite le definizioni delle sette unità di misura, evidenziando l'importanza del prototipo internazionale per la massa (chilogrammo) e la definizione del metro basata sulla velocità della luce nel vuoto.

#### **\*\*Capitolo 5: Operazioni sulle Unità di Misura\*\***

Il capitolo affronta le operazioni possibili sulle unità di misura, evidenziando come sia possibile definire multipli e sottomultipli per ciascuna grandezza. Viene introdotta la notazione scientifica e la relativa simbologia per semplificare la rappresentazione dei numeri molto grandi o molto piccoli. Il capitolo si conclude con una discussione sulle operazioni possibili con le unità di misura, distinguendo tra operazioni con grandezze omogenee ed eterogenee.

Il documento si conclude con una bibliografia di due testi di riferimento per approfondire ulteriormente i concetti trattati.

## **02\_Legislazione Comunitaria e Normazione**

Fornisce una panoramica approfondita dei fondamenti costituzionali e normativi dell'Unione Europea nel contesto della libera circolazione delle merci e del completamento del mercato interno.

Si inizia con un'introduzione che sottolinea l'importanza della normazione nella costruzione europea, evidenziando come la legislazione comunitaria e la normazione si siano rivelate essenziali per la creazione di un mercato unico. Viene introdotto il "Nuovo Approccio" e l' "Approccio Globale alla Certificazione ed alle prove", entrambi cruciali per la definizione di una strategia di armonizzazione e integrazione normativa.

Il primo punto principale della lezione riguarda le "Norme Armonizzate", che vengono descritte come strumenti di armonizzazione che definiscono requisiti essenziali per prodotti, processi e servizi. Il documento evidenzia il ruolo degli enti di normazione europea CEN, CENELEC ed ETSI nel definire specifiche tecniche per l'attuazione delle direttive, garantendo un reciproco riconoscimento tra gli organismi di certificazione e di prova operanti negli Stati membri.

prosegue descrivendo la "Marcatura CE" come simbolo che attesta la conformità di un prodotto ai requisiti essenziali delle direttive. Viene spiegato come la marcatura CE sia un marchio obbligatorio che documenta la conformità del prodotto alle normative comunitarie, ma non garantisce la qualità del prodotto stesso. In questo contesto, vengono menzionati i marchi volontari di conformità che forniscono al consumatore una garanzia supplementare sulla qualità dei prodotti.

Si illustra la "Griglia di Procedure" prevista dalla legislazione comunitaria, che prevede diversi livelli di controllo e verifiche di conformità a seconda della pericolosità del prodotto e dei rischi ad esso associati. Vengono presentati gli otto moduli dell' "Approccio Modulare", ciascuno contrassegnato da una lettera

dell'alfabeto (A-B-C-D-E-F-G-H), che definiscono i diversi livelli di controllo e certificazione necessari per l'apposizione della marcatura CE.

Un punto cruciale riguarda gli "Organismi Notificati", che vengono descritti come laboratori o istituti di certificazione designati dagli Stati membri per verificare la conformità dei prodotti oggetto di direttive del Nuovo Approccio. Vengono distinte due situazioni, a seconda del livello di fiducia del legislatore CE nel mercato: in caso di piena fiducia, il fabbricante è responsabile della verifica della conformità; in caso di minore fiducia, sono necessari gli organismi notificati che rilasciano certificati di conformità.

Si approfondisce poi il ruolo del "Comitato Elettrotecnico Italiano" (CEI) e dei suoi obiettivi istituzionali, tra cui la promozione della cultura tecnica e della sicurezza elettrica. Viene descritto come il CEI contribuisca alla normazione e all'unificazione del settore elettrotecnico ed elettronico, attraverso la redazione di documenti normativi e prenormativi a livello nazionale e internazionale.

Il documento conclude con una panoramica di alcuni organismi internazionali con cui il CEI collabora, tra cui la Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC), la IECQ (Sistema IEC di certificazione della qualità dei componenti elettronici), l'IECEE (Système CEI d'essais de conformité aux normes de sécurité de l'équipement électrique), il CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), l'ELSECOM (European electrotechnical committee for testing and certification), il CECC (Cenelec Electronic Components Committee), la CIGRE (Conférence Internationale des Grandes Réseaux Electriques à Haute Tension), l'EVERE (Associazione Europea dei Veicoli Elettrici Stradali) e l'ETSI (ente normatore europeo per le Telecomunicazioni).

## **03\_Sistema Qualità Italia**

Esplora il ruolo cruciale della metrologia e dell'assicurazione della qualità all'interno del sistema produttivo italiano.

Inizia con un'introduzione alla metrologia in Italia, presentando la legge n. 273 del 1991, che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). Il documento descrive gli Istituti Metrologici Primari (IMP) e il loro ruolo nella taratura degli strumenti di misura. La metrologia scientifica e tecnica in Italia è svolta da due istituti primari: l'INRIM e l'ENEA. Il documento evidenzia le diverse attività di questi istituti, dalla ricerca e sviluppo fino alla disseminazione di standard metrologici.

continua con una discussione sull'accreditamento, il processo che garantisce l'affidabilità e la competenza degli organismi di certificazione, ispezione e verifica. In Italia, Accredia è l'Ente Unico di Accredimento, che opera in conformità alle normative europee e internazionali. L'accreditamento è fondamentale per garantire la fiducia nel sistema di certificazione e per assicurare la conformità dei prodotti e servizi alle norme stabilite.

passa quindi a esaminare il Sistema Qualità Italia, definendo i tre livelli chiave di questo sistema: il livello di riferimento, il livello operativo per la qualità e il livello produttivo. Il documento illustra i principali organismi che compongono il sistema, tra cui UNI, CEI, gli Istituti Metrologici e gli enti di certificazione.

presenta la catena metrologica, illustrando la relazione tra i campioni nazionali, i laboratori di taratura e i laboratori di prova. Spiega come la strumentazione di misura viene tarata con riferimento ai campioni nazionali e come i laboratori di prova utilizzano questa strumentazione per verificare la qualità dei prodotti.

Si conclude con una sezione dedicata all'assicurazione della qualità per le misure. Sottolinea come la normativa metrologica non si limita a considerare le Apparecchiature di Controllo, Misura, Collaudo

(ACMC), ma include aspetti come i criteri di scelta dei metodi di misurazione, la definizione dei parametri di influenza, la preparazione delle procedure operative, la manutenzione delle ACMC, l'addestramento del personale e le modalità di registrazione e valutazione dei risultati.

Viene enfatizzata l'importanza di stabilire l'incertezza associata alle misurazioni, di definire la criticità delle misure e di selezionare le apparecchiature in grado di svolgere la funzione assegnata. Il documento illustra il processo logico di taratura e di conferma metrologica, includendo il diagramma di flusso del processo di conferma metrologica.

Infine, presenta i quattro raggruppamenti in cui gli strumenti di misura possono essere suddivisi, fornendo indicazioni specifiche per la taratura di ogni gruppo.

## 04\_Approccio alla Gestione in Qualità

Una panoramica dei principi e delle strategie di gestione della qualità, con particolare attenzione all'approccio C.W.Q.C. (Company Wide Quality Control) e al sistema Just in Time.

Inizia definendo l'approccio C.W.Q.C. come un metodo olistico che si basa sulla soddisfazione del cliente, la collaborazione con i fornitori e la valorizzazione del dipendente come risorsa fondamentale dell'azienda. A differenza dei modelli tradizionali che si concentrano sullo sfruttamento di clienti, fornitori e dipendenti, l'approccio C.W.Q.C. riconosce il cliente come la priorità assoluta, puntando al suo consolidamento attraverso la fornitura di prodotti e servizi di alta qualità.

evidenzia quindi i cinque principi fondamentali del C.W.Q.C.:

1. **\*\*Soddisfazione del Cliente:** \*\* La soddisfazione del cliente è la priorità assoluta dell'azienda, e il personale a tutti i livelli deve avere questa motivazione come principale.
2. **\*\*Miglioramento Continuo:** \*\* Il miglioramento della qualità è il processo fondamentale dell'azienda, e deve essere utilizzato come mezzo per aumentare la produttività.
3. **\*\*Coinvolgimento del Personale:** \*\* Il miglioramento della qualità passa attraverso il coinvolgimento di tutto il personale in un processo continuo e senza limiti.
4. **\*\*Formazione e Addestramento:** \*\* La formazione e l'addestramento sulle tecniche del controllo qualità devono essere accurati, continui e coinvolgere tutto il personale.
5. **\*\*Leadership Aziendale:** \*\* La direzione aziendale deve assumere la leadership dei processi aziendali riguardanti la qualità, coordinandoli in modo unitario.

prosegue descrivendo il sistema Just in Time (JIT) come una filosofia industriale che si basa sul principio di produrre solo ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi. Il JIT mira a ridurre le scorte di materiali e prodotti, ottimizzando il processo produttivo e minimizzando gli sprechi. I sei principi del JIT sono:

1. **\*\*Just in Time:** \*\* Produrre i prodotti finiti appena in tempo per consegnarli, produrre i semilavorati e i sotto assiemi appena in tempo per montarli, rifornirsi dei materiali di acquisto appena in tempo per utilizzarli.
2. **\*\*Stockless Production:** \*\* Passare dalla gestione a massima energia (tante scorte quante ne occorrono per coprire i problemi) alla gestione minima energia (tante scorte quante ne occorrono per evidenziare i problemi).

3. **\*\*Eliminazione degli Sprechi\*\***: Eliminare gli sprechi di materiali, parti, spazio, ore di lavoro che non aggiungono valore al prodotto.
4. **\*\*Produzione a Flusso\*\***: Passare da un processo a stadi distinti a un processo continuo, senza interruzioni, trasporti inutili, scorte immediate.
5. **\*\*Pull System\*\***: Passare dalla produzione che determina il flusso dei materiali (push) al flusso dei materiali che comanda la produzione (pull).
6. **\*\*Responsabilità Dinamica\*\***: Passare da responsabilità statiche, di reparto, a responsabilità dinamiche di flusso.

Si conclude sottolineando l'importanza di applicare i principi del C.W.Q.C. e del JIT per raggiungere il successo aziendale. La soddisfazione del cliente, il miglioramento continuo e la riduzione degli sprechi sono elementi cruciali per aumentare la competitività e la redditività di qualsiasi azienda.

## 05\_Qualità Totale

concetti chiave, partendo dal Total Quality Management (TQM) fino al **Kaizen** e al **ciclo di Deming**. Si analizza il DMAIC, un metodo di gestione della qualità per migliorare i processi aziendali.

### **\*\*Total Quality Management (TQM)\*\***aziendali

Il TQM è un approccio globale alla gestione della qualità, nato in Giappone e diffuso negli Stati Uniti negli anni Cinquanta. L'obiettivo è il coinvolgimento di tutti i dipendenti per migliorare l'efficienza e la qualità, con attenzione all'ottimizzazione degli sforzi e alla riduzione degli sprechi. Il TQM si basa su otto principi:

- \* **\*\*Orientamento al cliente\*\***: la soddisfazione del cliente è l'obiettivo principale.
- \* **\*\*Leadership\*\***: il leadership gioca un ruolo chiave nel motivare e coinvolgere i dipendenti.
- \* **\*\*Coinvolgimento del personale\*\***: tutti i dipendenti sono responsabili della qualità.
- \* **\*\*Approccio per processi\*\***: i processi aziendali sono gestiti in modo sistematico e migliorati continuamente.
- \* **\*\*Approccio sistemico alla gestione\*\***: l'organizzazione è vista come un sistema integrato.
- \* **\*\*Miglioramento continuo\*\***: il miglioramento continuo è un processo costante, basato su analisi, innovazione e feedback.
- \* **\*\*Decisioni basate sui dati di fatto\*\***: le decisioni si basano su dati oggettivi e analisi.
- \* **\*\*Rapporti di reciproco beneficio coi fornitori\*\***: la collaborazione con i fornitori è fondamentale per la qualità.

### **\*\*Kaizen\*\***

Kaizen (significa "miglioramento continuo" in giapponese) è un metodo di gestione basato sul miglioramento costante e graduale, in contrapposizione all'innovazione radicale. I principi chiave del Kaizen sono:

- \* **\*\*Miglioramento continuo\*\***: ogni persona è incoraggiata a migliorare costantemente, anche con piccoli cambiamenti.
- \* **\*\*Coinvolgimento del personale\*\***: tutti i dipendenti sono coinvolti nel processo di miglioramento.
- \* **\*\*Visione olistica\*\***: il Kaizen coinvolge tutti i processi aziendali e tutti i dipendenti.



## **\*\*Ciclo di Deming (PDCA)\*\***

Il ciclo di Deming (PDCA) è un metodo di miglioramento continuo che si basa su quattro fasi:

- \* **Plan**: pianificazione degli obiettivi e dei processi.
- \* **Do**: esecuzione del piano.
- \* **Check**: verifica dei risultati e analisi dei dati.
- \* **Act**: azioni correttive per migliorare i processi.

## **DMAIC**

Il DMAIC (Definisci, Misura, Analizza, Migliora, Controlla) è un metodo strutturato di miglioramento continuo basato su cinque fasi:

- \* **Definisci**: identificare il problema e gli obiettivi.
- \* **Misura**: raccogliere dati per misurare l'entità del problema.
- \* **Analizza**: identificare le cause del problema.
- \* **Migliora**: implementare soluzioni per risolvere il problema.
- \* **Controlla**: monitorare i risultati e mantenere i miglioramenti.

## **\*\*Conclusioni\*\***

in generale si sottolinea l'importanza di un approccio olistico alla gestione della qualità, come il TQM, il Kaizen e il ciclo di Deming. Il DMAIC è un metodo strutturato che può essere utilizzato per migliorare i processi aziendali. L'applicazione di questi metodi porta a un miglioramento continuo della qualità, dell'efficienza e della produttività.

## **06\_Misura e misurazione**

Una panoramica completa della misurazione, analizzando i fondamenti teorici e pratici di questo processo. Inizia definendo i concetti chiave come "**misurando**", "**misurazione**" e "**misura**", sottolineando l'importanza di distinguere tra questi termini.

Un focus particolare viene dato al concetto di "**incertezza di misura**", evidenziando come, per questioni sperimentali e teoriche, il misurando non possa essere rappresentato da un singolo valore numerico, ma da un intervallo di valori. Viene introdotto il concetto di "**valore vero**" e il suo collegamento con l'incertezza, riconoscendo l'impossibilità di conoscere con esattezza il valore vero di un misurando.

Si esplora poi la "**qualità della misura**", analizzando i concetti di "**accuratezza**" e "**ripetibilità**", illustrando come questi parametri siano fondamentali per valutare l'affidabilità e la validità di una misurazione.

La parte finale si focalizza sui "**metodi di misurazione**", descrivendo diverse metodologie utilizzate in campo metrologico. Viene presentato il "**metodo diretto**", in cui la grandezza viene confrontata con un campione di riferimento. Viene poi introdotto il "**metodo indiretto**", che si basa sulla misurazione di grandezze correlate al misurando, e il "**metodo strumentale**", dove il valore viene letto direttamente da uno strumento.

Si conclude descrivendo il "**metodo per confronto**", in cui il misurando è confrontato con uno strumento di riferimento, e il "**metodo per sostituzione**", che prevede la sostituzione del misurando con una grandezza di valore noto. Infine, viene illustrato il "**metodo differenziale**", che determina la differenza tra il misurando e

una grandezza di riferimento, e il "**metodo di zero**", che si basa sull'equilibrio raggiunto nel sistema di misura.

## 07\_Elementi di statistica per le misure

Una panoramica introduttiva dei concetti statistici fondamentali utilizzati nelle misure. Si concentra su tre temi chiave: **media, varianza e deviazione standard**, istogrammi delle osservazioni e funzione densità di probabilità.

### **\*\*Media, Varianza e Deviazione Standard\*\***

La *media*, o *valore medio*, di un insieme di misure rappresenta la migliore stima del **valore vero** della grandezza in esame.

- La **deviazione dalla media** viene utilizzata per valutare la dispersione delle misure.
- La **varianza** è il valore medio del quadrato delle deviazioni rispetto al valore medio.
- La **deviazione standard** è la radice quadrata della varianza e fornisce un indice della dispersione delle misure attorno al valore medio.

### **\*\*Istogrammi delle Osservazioni\*\***

Gli istogrammi sono diagrammi che rappresentano graficamente la distribuzione delle osservazioni di una grandezza. Per costruire un istogramma, è necessario:

1. Identificare i valori massimo e minimo.
2. Dividere l'intervallo in un numero di intervallini.
3. Contare il numero di osservazioni in ciascun *intervallino*.
4. Calcolare la frequenza di osservazione per ogni intervallino.
5. Rappresentare la frequenza o il numero di osservazioni su un grafico.

### **\*\*Funzione Densità di Probabilità\*\***

La funzione densità di probabilità descrive la probabilità di ottenere un particolare valore di una variabile aleatoria. Se il numero di osservazioni è infinito, la funzione densità di probabilità può essere utilizzata per calcolare la probabilità di ottenere un valore all'interno di un dato intervallo.

### **\*\*Distribuzione Normale\*\***

La distribuzione normale, o gaussiana, è una distribuzione di probabilità continua che è frequentemente utilizzata per modellare variabili casuali a valori reali. La distribuzione normale è caratterizzata dalla sua media e dalla sua varianza.

### **\*\*Applicazioni\*\*** (commento della lezione)

I concetti statistici discussi nel documento sono essenziali per l'analisi e l'interpretazione dei dati. Questi concetti trovano applicazione in molti campi, come l'ingegneria, la medicina, la finanza e le scienze sociali.

## 08-ESEMPI DI APPLICAZIONI STATISTICHE PER LE MISURE

inizia con una panoramica generale dell'istogramma, illustrando come crearne uno utilizzando dati raccolti da un processo produttivo. continua descrivendo la **distribuzione normale standard** e il suo ruolo nella determinazione della probabilità che una variabile casuale ricada all'interno di un intervallo di valori specifico. Si discute anche il concetto di **scarto quadratico medio** e come può essere utilizzato per stimare il **massimo scarto accettabile** in un processo di produzione. Infine, esplora **l'intervallo di confidenza** e come può essere utilizzato per stimare la media della popolazione da un campione casuale.

Inizia con un esempio pratico di costruzione di un istogramma utilizzando dati da un processo produttivo. L'istogramma è uno strumento visivo che consente di visualizzare la distribuzione di un insieme di dati. descrive i passaggi necessari per creare un istogramma, tra cui la determinazione del numero di classi, l'intervallo di classe e le frequenze relative.

Si continua illustrando la distribuzione normale standard, che è una distribuzione di probabilità ampiamente utilizzata in statistica. La distribuzione normale standard è caratterizzata dalla sua forma a campana e dalla sua simmetria attorno alla media. Si spiega come utilizzare la distribuzione normale standard per determinare la probabilità che una variabile casuale ricada all'interno di un intervallo di valori specifico. Fornisce anche una tabella che mostra le probabilità corrispondenti a diversi valori di  $z$ , che rappresenta il numero di **deviazioni standard dalla media**.

Si discute il concetto di **scarto quadratico medio**, che è una misura della variabilità di un insieme di dati. Il documento spiega come calcolare lo scarto quadratico medio e come utilizzarlo per stimare il massimo scarto accettabile in un processo di produzione. Il documento fornisce anche un esempio pratico di come calcolare lo scarto quadratico medio in un processo di produzione di lamierini ferromagnetici.

Si descrive **l'intervallo di confidenza**, che è un intervallo di valori che contiene la media della popolazione con una certa probabilità. Si passa al come costruire un intervallo di confidenza utilizzando un campione casuale e il concetto di scarto quadratico medio. La Vdl fornisce anche un esempio pratico di come costruire un intervallo di confidenza per la media della popolazione in un processo di produzione.

## 09\_Incertezza di Misura e Norma UNI CEI ENV 13005

Esplora il concetto di incertezza di misura, un elemento cruciale in qualsiasi processo di misurazione. La lezione si articola in sei sezioni, ciascuna dedicata ad un aspetto fondamentale dell'incertezza di misura, con particolare attenzione alla normativa UNI CEI ENV 13005.

La prima sezione introduce il concetto di misurazione, definendola come il processo di determinare il valore di una grandezza. Il Docente sottolinea che, a causa di numerosi fattori, il risultato di una misurazione non è mai preciso, bensì un'approssimazione del valore reale, e questo "**grado di indeterminazione**" è noto come **incertezza**.

La seconda sezione si concentra sull'incertezza di misura in sé, descrivendola come "ragionevole dubbio" sulla validità del risultato di misura. Si fa notare che l'incertezza di misura è rappresentata da un intervallo di valori all'interno del quale, con una certa probabilità, si trova il valore reale del misurando.

La terza sezione affronta la valutazione dell'incertezza di categoria A, ottenuta tramite analisi statistica di serie di osservazioni. Si illustra come calcolare la **varianza campionaria**, lo **scarto tipo sperimentale** e **l'incertezza tipo**, fornendo esempi pratici.

La quarta sezione analizza la valutazione dell'incertezza di categoria B, la cui valutazione si basa su informazioni non ottenute tramite analisi statistica, ma attraverso giudizi scientifici e considerazioni di tipo qualitativo. L'autore descrive le diverse fonti di informazioni utilizzabili per stimare **l'incertezza di categoria B**, tra cui dati di precedenti misurazioni, esperienza personale, specifiche tecniche e dati di taratura.

La quinta sezione introduce il concetto di **incertezza globale**, ottenuta combinando quadraticamente le incertezze di categoria A e B. La Vdl spiega come l'incertezza globale può essere interpretata come la deviazione standard di una distribuzione gaussiana, e introduce il concetto di **incertezza estesa**, moltiplicando l'incertezza tipo per un fattore di copertura, per ottenere un livello di confidenza più elevato.

La sesta sezione tratta gli errori di misura, distinguendo tra errori casuali ed errori sistematici. L'autore spiega che gli errori casuali sono imprevedibili e influenzano la misura in modo variabile, mentre gli errori sistematici sono costanti e influenzano la misura in modo prevedibile.

## 10\_PROPAGAZIONE DELL'INCERTEZZA DI MISURA

Una panoramica completa sulla propagazione dell'incertezza di misura, con un focus specifico sui metodi di calcolo per somme, differenze, prodotti e quozienti.

Inizia definendo il concetto fondamentale di incertezza di misura come un'espressione della discrepanza tra il valore reale di una grandezza fisica e il valore misurato. Si introduce la **notazione standard per l'incertezza assoluta ( $\Delta m$ )** e **l'incertezza relativa ( $\xi$ )**, evidenziando l'importanza di cifre significative.

Il cuore della Vdl risiede nella trattazione **dell'incertezza di misura indiretta**, dove la grandezza da misurare ( $X$ ) è una funzione di altre grandezze misurate ( $X_i$ ). Vengono presentate le equazioni chiave per la propagazione dell'incertezza, sia assoluta che relativa, attraverso la derivazione matematica basata sul **concetto di varianza**.

Le sezioni successive si concentrano su come l'incertezza si propaga durante le operazioni aritmetiche di somma, differenza, prodotto e quoziente. Vengono fornite formule specifiche per calcolare l'incertezza assoluta e relativa di ciascuna operazione, tenendo conto delle incertezze individuali delle grandezze coinvolte.

L'analisi si conclude con una sezione dedicata alla distribuzione di probabilità uniforme, che modella l'incertezza quando la misura è limitata dalla risoluzione dello strumento di misura. Vengono illustrate le caratteristiche di questa distribuzione, come la sua varianza e lo scarto quadratico medio, fornendo un contesto matematico per la valutazione dell'incertezza in tali situazioni.

Infine, un esempio di applicazione numerica illustra concretamente come le formule e i concetti presentati nel documento possono essere applicati nella pratica. Viene calcolata l'incertezza assoluta e relativa del coefficiente di dilatazione termica lineare di un provino, utilizzando le incertezze delle grandezze misurate.

# 11\_SENSORI E TRASDUTTORI

una panoramica completa dei sensori e dei trasduttori, fondamentali per il controllo di processo moderno.

## **\*\*Definizioni:\*\***

- **\*\*Sensore:\*\*** Un dispositivo in grado di rilevare variazioni in una grandezza fisica, come la temperatura o la pressione, e di fornire in uscita un'altra grandezza fisica, come lo spostamento o la resistenza.
- **\*\*Trasduttore:\*\*** Un dispositivo in grado di rilevare una grandezza fisica e di trasformarla in una grandezza elettrica, generalmente una tensione o una corrente, che è direttamente manipolabile dal sistema di controllo.

## **\*\*Classificazione dei trasduttori:\*\***

- **\*\*Attivi:\*\*** Forniscono in uscita una grandezza direttamente utilizzabile senza bisogno di energia esterna.
- **\*\*Passivi:\*\*** Richiedono un'alimentazione esterna per trasformare la grandezza fisica in una grandezza elettrica.
- **\*\*Classificazione in base alla grandezza fisica:\*\*** Chimica, elettrica, magnetica, meccanica, radiante, termica.
- **\*\*Classificazione in base al principio fisico:\*\*** Resistivi, capacitivi, induttivi, elettromagnetici, piezoresistivi, effetto Hall, magnetoresistivi, piezoelettrici, piroelettrici, termoelettrici, ionici, fotoresistivi, fotovoltaici, optoacustici, Doppler, a radiazione termica.
- **\*\*Classificazione in base al tipo di segnale:\*\*** Analogici, digitali.

## **\*\*Campionamento e quantizzazione:\*\***

- **\*\*Campionamento:\*\*** L'operazione di acquisire campioni di un segnale analogico a intervalli discreti di tempo.
- **\*\*Quantizzazione:\*\*** L'operazione di approssimare i valori continui del segnale campionato a un numero finito di valori discreti.

Si evidenzia l'importanza di comprendere la differenza tra sensori e trasduttori, nonché la necessità di utilizzare circuiti di interfaccia per ottimizzare il collegamento tra il dispositivo sensibile e il carico. Viene anche sottolineata l'importanza del **teorema di Nyquist-Shannon** per il campionamento corretto dei segnali analogici, al fine di evitare la perdita di informazioni.

In fine si parla del processo di quantizzazione, necessario per rappresentare i segnali digitali all'interno di un sistema di controllo. La quantizzazione introduce un errore di arrotondamento, che può essere ridotto aumentando il numero di bit utilizzati per la codifica digitale.

# 12\_CARATTERISTICHE DEI TRASDUTTORI

Una panoramica completa dei trasduttori, dispositivi fondamentali in elettronica e ingegneria, tratta le caratteristiche di base dei trasduttori, suddivise in caratteristiche ingresso-uscita, caratteristiche statiche e caratteristiche dinamiche.

**\*\*Caratteristiche ingresso-uscita: \*\***

**\*\*Funzione di conversione: \*\*** La relazione matematica, grafica o tabellare che descrive la trasformazione della grandezza fisica d'ingresso in una grandezza elettrica d'uscita.

**\*\*Funzione di taratura: \*\*** La relazione che, a partire dal valore di uscita, consente di ricavare il valore della grandezza d'ingresso e la relativa fascia di incertezza.

**\*\*Caratteristiche lineari e non lineari: \*\*** Il trasduttore è lineare quando la variazione della grandezza d'uscita è direttamente proporzionale a quella d'ingresso; in caso contrario, il trasduttore è non lineare.

**\*\*Caratteristiche statiche e dinamiche: \*\*** La caratteristica statica si riferisce a variazioni lente della grandezza d'ingresso, mentre la caratteristica dinamica descrive il comportamento del trasduttore in caso di variazioni rapide.

**\*\*Caratteristiche di base dei trasduttori: \*\***

**\*\*Campo di misura o di lavoro (input range): \*\*** L'intervallo di valori della grandezza fisica d'ingresso che il trasduttore può misurare correttamente.

**\*\*Campo di sicurezza: \*\*** L'intervallo di valori della grandezza fisica d'ingresso che il trasduttore può sopportare senza subire danni permanenti.

**\*\*Campo di normale funzionamento (output range): \*\*** L'intervallo di valori della grandezza elettrica d'uscita corrispondente al campo di misura.

**\*\*Potenza erogabile: \*\*** La potenza che il trasduttore può fornire al sistema a valle.

**\*\*Impedenza di uscita: \*\*** L'impedenza misurata ai morsetti di uscita del trasduttore.

**\*\*Incertezza di uscita: \*\*** L'intervallo di valori che l'uscita può assumere a causa di incertezze nella misura.

**\*\*Caratteristiche statiche dei trasduttori: \*\***

**\*\*Linearità (errore di linearità): \*\*** La misura della deviazione della caratteristica reale del trasduttore rispetto alla caratteristica ideale lineare.

**\*\*Offset (errore di offset): \*\*** Il valore dell'uscita del trasduttore quando la grandezza da misurare è nulla.

**\*\*Guadagno (errore di guadagno): \*\*** La differenza tra il guadagno ideale e il guadagno reale del trasduttore.

**\*\*Risoluzione o errore di quantizzazione: \*\*** La minima variazione della grandezza d'ingresso che provoca una variazione percepibile nell'uscita.

**\*\*Sensibilità: \*\*** Il rapporto tra la variazione della grandezza d'uscita e la variazione della grandezza d'ingresso.

**\*\*Isteresi (errore di isteresi): \*\*** La differenza tra la caratteristica del trasduttore in crescita e quella in diminuzione.

**\*\*Precisione, ripetibilità: \*\*** La capacità del trasduttore di fornire lo stesso risultato in ripetuti esperimenti.

\* \*\***Accuratezza:** \*\* La misura di quanto l'uscita del trasduttore si scosta dal valore ideale.

\* \*\***Caratteristiche dinamiche dei trasduttori:** \*\*

\* \*\***Tempo morto:** \*\* Il tempo che intercorre tra l'applicazione dell'ingresso e il raggiungimento del 5% del valore di regime.

\* \*\***Tempo di salita:** \*\* Il tempo che il sistema impiega per passare dal 10% al 90% del valore di regime.

\* \*\***Tempo di risposta:** \*\* Il tempo che il sistema impiega per raggiungere il 90% del valore di regime.

\* \*\***Tempo di assestamento:** \*\* Il tempo che l'uscita del trasduttore impiega per stabilizzarsi in un intervallo attorno al valore di regime.

\* \*\***Sovraelongazione:** \*\* L'ampiezza del picco massimo del segnale rispetto al valore di regime.

\* \*\***Frequenza delle oscillazioni di assestamento:** \*\* La frequenza delle oscillazioni nella fascia di ampiezza prefissata attorno al valore di regime.

\* \*\***Fattore di smorzamento:** \*\* Il coefficiente che descrive la tendenza della curva ad attestarsi intorno al valore di regime.

\* \*\***Limite di velocità:** \*\* La massima velocità di variazione del misurando oltre la quale l'uscita non varia corrispondentemente.

\* \*\***Tempo di recupero:** \*\* L'intervallo di tempo richiesto affinché il sensore riprenda a funzionare secondo le caratteristiche specificate dopo un evento specificato (ad esempio, un sovraccarico).

## 13 PRINCIPI DI TRASDUZIONE

introduzione ai principi meccanici, fisici ed elettrici alla base della trasduzione.

\* \*\***Principi meccanici di trasduzione**\*\*

Si inizia esaminando i principi meccanici di trasduzione. Spiega come i sensori possono trasformare le grandezze fisiche meccaniche, come la forza, in segnali elettrici. Vengono illustrati vari esempi di trasduttori "forza-tensione", tra cui i potenziometri, i trasformatori differenziali e i sensori capacitivi.

La trasduzione "**forza-tensione**" viene scomposta in due conversioni elementari: "**forza-spostamento**" e "**spostamento-tensione**". La conversione "forza-spostamento" avviene mediante un elemento sensoriale che è a contatto diretto con il misurando. La conversione "spostamento-tensione" viene invece realizzata da un componente della catena di trasduzione.

Si descrivono due principi meccanici frequentemente utilizzati nella trasduzione: la **deformazione di un corpo elastico e la flessione di una trave**. Nel primo caso, l'applicazione di una forza provoca una deformazione proporzionale all'intensità della sollecitazione. Nel secondo caso, la flessione di una trave (una mensola incastrata) è proporzionale alla forza applicata.

Viene spiegato il concetto di "**portata di un trasduttore**", che rappresenta il limite massimo della forza che può essere applicata senza causare danni permanenti.

Si illustra il principio di **torsione di un cilindretto**, che trasforma una coppia di forze in una deformazione convertibile in un segnale elettrico. Viene evidenziata la dipendenza della sensibilità di un sensore dalla sua geometria e dal materiale di cui è fatto.

Per migliorare la sensibilità dei trasduttori, vengono suggeriti spessori modesti e materiali molto elastici, in grado di ripristinare la geometria iniziale una volta terminata l'applicazione del misurando.

Per migliorare l'accuratezza e la precisione dei trasduttori, è importante ridurre l'effetto di grandezze di influenza. Ad esempio, nel caso della flessione, si utilizzano strutture costituite da due mensole vincolate, che rendono la deformazione indipendente dal punto in cui viene applicata la forza.

### **\*\*Principi fisici di trasduzione\*\***

Sono descritti i principi fisici di trasduzione, concentrandosi sull'effetto della temperatura, sulla resistività di un conduttore. La **resistività** è la misura della resistenza al flusso di corrente. Il flusso di corrente è dovuto al movimento degli elettroni all'interno del conduttore.

Viene spiegato che la resistività di un conduttore aumenta all'aumentare della temperatura. Questo perché il movimento termico degli atomi del conduttore aumenta con la temperatura, ostacolando il flusso degli elettroni.

Viene descritta la relazione tra la resistenza di un conduttore e la temperatura, definita da un'equazione che lega la resistenza alla temperatura di riferimento.

Viene poi introdotto il concetto di piezoresistenza, che è la variazione della resistenza di un conduttore dovuta a una sollecitazione esterna, come una trazione o una compressione. La piezoresistenza è proporzionale all'allungamento o all'accorciamento del conduttore.

Infine, si descrive il fenomeno della piezoelettricità, che si verifica in alcuni materiali ceramici e cristallini ionici, come il quarzo e la tormalina. La piezoelettricità è la capacità di questi materiali di generare una differenza di potenziale quando vengono sottoposti a una sollecitazione meccanica.

### **\*\*Principi elettrici di trasduzione\*\***

Si conclude esaminando i principi elettrici di trasduzione. Viene illustrata la **variazione della capacità di un condensatore in funzione della posizione di una delle sue armature**. Viene spiegato come la capacità di un condensatore a facce piane e parallele dipende dalla superficie delle armature, dalla distanza tra le armature e dal materiale dielettrico che si trova tra le armature.

Illustra anche la variazione dell'induttanza di una bobina in funzione della posizione del suo nucleo ferromagnetico. L'induttanza è una misura della capacità di una bobina di immagazzinare energia magnetica.

Poi si passa al funzionamento di un trasformatore differenziale, che è un trasduttore di posizione con uscita in tensione. Questo trasduttore sfrutta la variazione del rapporto di trasformazione di un trasformatore, indotta dallo spostamento del nucleo ferromagnetico.

Conclude con una descrizione del partitore resistivo di tensione, che è un trasduttore di posizione basato sulla variazione della tensione su un filo resistivo in funzione della posizione di un contatto supplementare.

## **14\_potenzimetri, trasformatori differenziali ed encoder, trasduttori di velocità**

Illustra la struttura e il funzionamento di ogni tipo di trasduttore, oltre a evidenziare i vantaggi e gli svantaggi di ciascuno.



## **\*\*1. Traduttore di posizione: \*\***

- \* Inizia con una panoramica generale dei trasduttori di posizione e del loro ruolo nel rilevare la posizione di una parte mobile.
- \* Vengono evidenziati i tre tipi principali di trasduttori di posizione con uscita elettrica: potenziometri, trasformatori differenziali ed encoder.

## **\*\*2. Potenziometri: \*\***

- \* I potenziometri sono trasduttori di posizione che convertono la posizione di un cursore mobile in una tensione elettrica proporzionale.
- \* Il documento spiega il principio di funzionamento di un potenziometro, che si basa sulla variazione di resistenza lungo un elemento resistivo (filo, film metallico o materiale conduttivo).
- \* Vengono discusse le diverse tecniche costruttive dei potenziometri e le loro caratteristiche, come la risoluzione, la linearità e la vita utile.

## **\*\*3. Trasformatori differenziali: \*\***

- \* I trasformatori differenziali sfruttano la variazione di induttanza o del rapporto di trasformazione di un trasformatore per rilevare la posizione.
- \* Si descrive il principio di funzionamento di un trasformatore differenziale lineare (LVDT), che si basa sullo spostamento di un nucleo ferromagnetico rispetto a tre avvolgimenti elettrici.
- \* Vengono illustrati i vantaggi dei trasformatori differenziali, come la precisione, la robustezza e la resistenza agli agenti esterni.

## **\*\*4. Encoder: \*\***

- \* Gli encoder sono trasduttori di posizione che convertono la posizione angolare di un albero rotante in un segnale elettrico digitale.
- \* ci sono due tipi di encoder: **assoluti e incrementali**.
- \* **Gli encoder assoluti** forniscono un codice univoco per ogni posizione dell'albero, mentre gli **encoder incrementali** segnalano le variazioni di posizione.
- \* Viene descritta la struttura e il funzionamento di entrambi i tipi di encoder, evidenziando le loro caratteristiche, come la risoluzione, la precisione e la vita utile.

## **\*\*5. Dinamo tachimetriche: \*\***

- \* Le dinamo tachimetriche sono macchine elettriche che generano una tensione continua proporzionale alla velocità di rotazione del rotore.
- \* Sono descritte le caratteristiche e il funzionamento di una dinamo tachimetrica, sottolineando i suoi vantaggi, come la linearità e la precisione, e i suoi svantaggi, come l'usura delle spazzole e l'emissione di archi elettrici.

# **15\_trasduttori di temperatura, estensimetri trasformatori di misura**

- \*\*Trasduttori di temperatura: \*\*** Inizia con un'analisi approfondita dei trasduttori di temperatura, dispositivi che convertono la temperatura in un segnale elettrico misurabile. Vengono presentati tre tipi principali: **termoresistori, termistori e termocoppie**.

**\*\*\*Termoresistori:** \*\* Questi sensori, tipicamente realizzati in platino (Pt 100), sfruttano la variazione di resistenza di un filo metallico in base alla temperatura. I Pt 100 sono noti per la loro accuratezza, stabilità e riproducibilità, ma presentano un costo maggiore rispetto ad altri sensori.

**\*\*\*Termistori:** \*\* I termistori, realizzati in materiale ceramico, sfruttano un coefficiente di temperatura della resistività elevato, che può essere positivo (PTC) o negativo (NTC). I termistori NTC sono i più diffusi per la loro sensibilità e il costo inferiore rispetto ai termoresistori.

**\*\*\*Termocoppie:** \*\* Le termocoppie si basano sull'**effetto Seebeck**, in cui una differenza di temperatura tra due metalli diversi genera una differenza di potenziale misurabile. Le termocoppie sono utilizzate per misurare temperature elevate e sono caratterizzate da una risposta rapida e un costo contenuto.

**\*\*Estensimetri:** \*\* Il documento poi affronta gli estensimetri, sensori che misurano la deformazione elastica di un materiale. Vengono descritti tre tipi di estensimetri:

**\*\*\*Filo metallico teso:** \*\* Questo tipo di estensimetro utilizza un filo metallico sottile posto in tensione, la cui resistenza varia in base alla deformazione.

**\*\*\*Deposito metallico su film:** \*\* In questo caso, un sottile film metallico viene depositato su un supporto isolante, la cui resistenza varia con la deformazione del supporto.

**\*\*\*Semiconduttore:** \*\* Gli estensimetri a semiconduttore sono basati su un materiale semiconduttore, la cui resistenza varia notevolmente con la deformazione.

La resistenza di un estensimetro varia in funzione della deformazione, introducendo il concetto di "**gauge factor**", che rappresenta la sensibilità del sensore.

**\*\*Trasformatori di misura:** \*\* La parte finale del documento si concentra sui trasformatori di misura, dispositivi utilizzati per modificare la tensione o la corrente di un segnale elettrico. Vengono presentati due tipi di trasformatori:

**\*\*\*Trasformatori volmetrici (TV):** \*\* Questi trasformatori sono utilizzati per ridurre la tensione, con un numero di spire al primario maggiore rispetto al secondario. I TV sono utilizzati per misurare tensioni elevate con voltmetri di portata inferiore.

**\*\*\*Trasformatori amperometrici (TA):** \*\* I TA sono utilizzati per ridurre la corrente, con un numero di spire al primario minore rispetto al secondario. I TA sono utilizzati per misurare correnti elevate con amperometri di portata inferiore.

Si illustrano i principi di funzionamento dei trasformatori di misura, descrivendo le loro caratteristiche e le loro applicazioni.

## 16\_circuiti elettrici elementari

Presenta i concetti fondamentali dei circuiti elettrici, coprendo temi come il circuito elettrico, il collegamento di resistenze in serie e in parallelo, le leggi di Kirchhoff e i circuiti equivalenti.

Inizia con la definizione di un circuito elettrico, spiegando i componenti di base, come un generatore di tensione, una resistenza e una corrente. Viene illustrata la legge di Ohm, che descrive la relazione tra tensione, corrente e resistenza.

Successivamente, tratta i due metodi di collegamento delle resistenze: in serie e in parallelo. Nel collegamento in serie, la corrente scorre attraverso tutte le resistenze in successione, mentre nel collegamento in parallelo, la tensione è la stessa su tutte le resistenze. Viene illustrata la formula per calcolare la resistenza equivalente sia per un collegamento in serie che in parallelo.

Prosegue spiegando le due leggi di Kirchhoff, che sono fondamentali per l'analisi dei circuiti. La prima legge di Kirchhoff afferma che la somma delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma delle correnti uscenti dallo stesso nodo. La seconda legge di Kirchhoff afferma che la somma delle tensioni in un circuito chiuso è uguale a zero. (non ero sicuro di scrivere queste nozioni di base già viste).

Si passa al concetto di **circuiti equivalenti**, che vengono utilizzati per semplificare l'analisi di circuiti complessi. Viene presentato il **teorema di Thevenin**, che afferma che qualsiasi circuito lineare può essere sostituito da un circuito equivalente composto da un generatore di tensione equivalente e una resistenza equivalente.

## 17\_Misura delle Grandezze Elettriche Fondamentali

Si concentra sulle tecniche di misurazione per grandezze elettriche fondamentali come tensione e corrente. Inizia con una descrizione dettagliata della misurazione della tensione, spiegando l'uso del voltmetro e l'influenza della resistenza interna dello strumento sulla misurazione. Si analizza l'effetto di carico strumentale, il quale dimostra come l'inserzione del voltmetro in un circuito influenzi la tensione misurata.

Continua esaminando il concetto di errore relativo, che rappresenta la differenza tra il valore misurato e il valore effettivo rispetto al valore effettivo. Si evidenzia come la resistenza interna del voltmetro debba essere molto maggiore rispetto alla resistenza equivalente del circuito per ottenere una misurazione accurata. Vengono presentati esempi numerici per illustrare l'effetto dell'errore relativo dovuto alla resistenza interna del voltmetro.

Successivamente, si focalizza sulla misurazione della corrente, descrivendo l'uso dell'amperometro e la sua inserzione in serie nel circuito per misurare la corrente circolante. L'effetto di carico strumentale viene analizzato anche per l'amperometro, mostrando come la sua resistenza interna possa influenzare la misurazione della corrente. Conclude con una spiegazione della portata e della classe degli strumenti di misura. La **portata rappresenta il massimo valore misurabile** dallo strumento senza subire danni, mentre **la classe** indica il grado di precisione dello strumento. Evidenzia l'importanza di scegliere strumenti con portata appropriata per ottenere risultati accurati. Vengono anche forniti esempi numerici per illustrare gli errori che possono derivare dall'utilizzo di strumenti con portata inadeguata.

## 18\_misure di potenza elettrica

Inizia definendo i diversi regimi temporali in cui possono operare i circuiti elettrici: **regime continuo** (DC) e **regime alternato** (AC). Viene quindi presentata la potenza elettrica, sia istantanea che media, con particolare attenzione al caso di regime sinusoidale. Si analizzano i diversi metodi di misura della potenza elettrica, sia analogici che digitali, evidenziando le specifiche caratteristiche di ciascuno. Infine, si esamina il collegamento del wattmetro in un circuito monofase, illustrando le due modalità di connessione e i relativi errori sistematici.

**\*\*Regimi temporali: \*\***

Il **concetto di regime continuo** (DC) e **regime alternato** (AC). Nel regime DC, la tensione e la corrente sono costanti nel tempo, mentre nel regime AC variano sinusoidalmente.

#### **\*\*Potenza elettrica: \*\***

Viene definita la **potenza elettrica istantanea** come il prodotto tra la tensione e la corrente. Si introduce quindi il **concetto di potenza media**, ovvero la potenza media assorbita da un carico in un periodo di tempo. Per i regimi periodici, la potenza media può essere calcolata integrando la potenza istantanea su un periodo.

#### **\*\*Misure di potenza elettrica: \*\***

Descrive gli strumenti utilizzati per misurare la potenza elettrica, ovvero i wattmetri. Vengono presentati sia i wattmetri analogici che digitali, evidenziando le loro specifiche caratteristiche. I wattmetri analogici si basano su circuiti moltiplicatori che misurano il prodotto tra tensione e corrente, mentre i wattmetri digitali elaborano segnali campionati tramite sistemi di acquisizione dati.

#### **\*\*Inserzione del wattmetro: \*\***

Vengono illustrate le due modalità di inserzione del wattmetro in un circuito monofase, con i relativi diagrammi fasoriali e le specifiche di ciascuna connessione. La scelta della modalità di connessione dipende dalle caratteristiche del carico: per carichi con bassa tensione ed elevata corrente, si preferisce la modalità a bassa tensione, mentre per carichi con bassa corrente ed elevata tensione, si preferisce la modalità ad alta tensione.

#### **\*\*Errori sistematici: \*\***

Si discute dell'errore sistematico introdotto dall'inserzione del wattmetro nel circuito. L'errore è dovuto alla caduta di tensione sul circuito voltmetrico o amperometrico del wattmetro.

## **19\_Oscilloscopio**

Un dispositivo utilizzato per l'analisi e la visualizzazione di segnali elettrici, con particolare attenzione alle due tipologie principali: analogico e digitale.

L'oscilloscopio è uno strumento di misura che permette di visualizzare graficamente la forma d'onda di un segnale elettrico in funzione del tempo. Il suo funzionamento si basa sulla deflessione di un fascio di elettroni in un tubo a raggi catodici (CRT). Gli oscilloscopi sono ampiamente utilizzati in ambito elettronico per l'analisi e la diagnosi di circuiti, per la misurazione di grandezze elettriche come tensioni e correnti, per la visualizzazione di segnali complessi e per la verifica di prestazioni di componenti elettronici.

**\*\*Oscilloscopi analogici: \*\*** In questo tipo di oscilloscopio, il segnale viene applicato direttamente alle placche di deflessione verticale del CRT, che si muove sullo schermo in base alla tensione del segnale. Questo crea una rappresentazione analogica del segnale sullo schermo. L'oscilloscopio analogico offre una rappresentazione del segnale in tempo reale, ma presenta alcuni limiti come la difficoltà di misurare segnali ad alta frequenza o segnali non periodici.

**\*\*\*Oscilloscopi digitali: \*\*** Gli oscilloscopi digitali, invece, utilizzano un convertitore analogico-digitale (ADC) per campionare il segnale analogico e convertirlo in un segnale digitale. Questi dati digitali vengono poi memorizzati in una memoria RAM e visualizzati sullo schermo con un'alta precisione. Gli oscilloscopi digitali offrono vantaggi come la possibilità di visualizzare segnali

complessi, la capacità di eseguire analisi approfondite e di acquisire dati con una maggiore precisione rispetto agli oscilloscopi analogici.

#### **\*\*Funzionamento dell'oscilloscopio analogico: \*\***

\* **Sezione verticale:** Questa sezione è responsabile dell'amplificazione e dell'attenuazione del segnale prima che venga inviato al CRT.

\* **Sezione orizzontale:** Questa sezione genera un segnale a dente di sega che deflette il fascio di elettroni orizzontalmente, consentendo di rappresentare il tempo sull'asse X.

\* **Tubo a raggi catodici (CRT):** Il CRT è il cuore dell'oscilloscopio analogico. Contiene un cannone elettronico che genera un fascio di elettroni, placche di deflessione verticale e orizzontale che indirizzano il fascio, e uno schermo ricoperto di fosforo che emette luce quando colpito dagli elettroni.

#### **\*\*Funzionamento dell'oscilloscopio digitale: \*\***

\* **Conversione analogico-digitale:** La conversione analogico-digitale (ADC) consente agli oscilloscopi digitali di acquisire e memorizzare un'ampia gamma di dati.

\* **Memorizzazione dei dati:** La memoria RAM è utilizzata per memorizzare i dati digitali del segnale, consentendo la visualizzazione di segnali non periodici e la riproduzione delle forme d'onda.

\* **Elaborazione digitale:** Gli oscilloscopi digitali possono eseguire operazioni di elaborazione digitale sui dati acquisiti, come la media, l'analisi FFT e la misurazione automatica.

## **20\_caratteristiche di qualità ed utilizzo dell'oscilloscopio**

Inizia spiegando il funzionamento dell'oscilloscopio, sottolineando l'importanza di un buon collegamento a terra per motivi di sicurezza e per ottenere misure accurate. Quindi, descrive i diversi controlli presenti sul pannello dell'oscilloscopio, come quelli per la posizione verticale e orizzontale, la velocità di scansione, la sensibilità e la modalità di visualizzazione. Inoltre, spiega le diverse tipologie di sonde utilizzate con l'oscilloscopio, come le sonde passive, le sonde attive e le sonde di corrente. Infine, descrive i principali parametri di qualità di un oscilloscopio, come la banda passante, il tempo di salita, la sensibilità verticale, la velocità, la precisione del guadagno e la precisione della base dei tempi.

#### **\*\*Funzionamento dell'oscilloscopio: \*\***

\* Il collegamento a terra è fondamentale per la sicurezza e per ottenere misure accurate.

\* La carcassa, il telaio e tutti i terminali di misura sono collegati a massa per garantire la protezione dell'utente.

\* **La messa a terra** dell'oscilloscopio significa collegare il suo telaio al punto di riferimento neutro di tensione, che è generalmente a potenziale zero e indicato come "terra".

\* È importante assicurarsi che il commutatore di cambio tensione sia impostato correttamente per alimentare l'oscilloscopio con la tensione appropriata.

#### **\*\*Regolazioni dell'oscilloscopio: \*\***

\* **I controlli del pannello di controllo dell'oscilloscopio** consentono di regolare diversi parametri, come la posizione verticale e orizzontale, la velocità di scansione, la sensibilità, la modalità di visualizzazione e il trigger.

\* **Il controllo di posizione verticale** consente di spostare verticalmente la forma d'onda sullo schermo.

\* **Il controllo di posizione orizzontale** consente di spostare orizzontalmente la forma d'onda sullo schermo.

\* **Il controllo di velocità di scansione**, noto anche come base dei tempi, determina la velocità con cui il raggio elettronico spazza lo schermo.

\* **Il controllo di sensibilità** verticale determina l'ampiezza verticale della forma d'onda sullo schermo.

\* **Il controllo di modalità** di visualizzazione consente di selezionare diversi modi di visualizzazione, come semplice, doppia, somma, alternata e simultanea.

\* **Il controllo di trigger** consente di selezionare un evento specifico che inneschi la scansione dello schermo.

**\*\*Sonde di misura: \*\***

\* **Le sonde di misura** sono componenti essenziali per l'utilizzo dell'oscilloscopio, in quanto consentono di acquisire i segnali.

\* **Le sonde passive** sono le più semplici ed economiche e vengono generalmente fornite in dotazione con l'oscilloscopio.

\* **Le sonde attive amplificano** il segnale prima di trasmetterlo all'ingresso dell'oscilloscopio.

\* **Le sonde di corrente** sono progettate per misurare la corrente direttamente in un ramo di circuito.

**\*\*Parametri di qualità dell'oscilloscopio: \*\***

\* **La banda passante** indica l'intervallo di frequenze che l'oscilloscopio può misurare con precisione.

\* **Il tempo di salita** indica il tempo necessario al sistema per passare dal 10% al 90% del valore di regime.

\* **La sensibilità verticale** indica il livello minimo di segnale che può essere amplificato e visualizzato dallo strumento.

\* **La velocità** indica la velocità massima di deflessione orizzontale.

\* **La precisione del guadagno** indica la precisione con cui il sottosistema verticale dell'oscilloscopio è in grado di amplificare o attenuare il segnale.

\* **La precisione della base dei tempi** indica la precisione con cui il generatore di segnale a dente di sega produce un segnale lineare.

\* **La profondità di memoria** indica la quantità massima di punti che possono essere catturati nella memoria RAM.

\* **La velocità di campionamento** indica il numero di campioni per secondo che vengono catturati dal sistema di acquisizione dati.

\* **La risoluzione verticale** indica la precisione con cui il convertitore A/D converte il segnale d'ingresso in valori digitali.

## 21\_Conversione Analogico-Digitale

Tratta il processo di conversione dei segnali analogici in segnali digitali, un processo fondamentale per l'elaborazione dei dati in ambito informatico. Si analizzano in modo dettagliato i diversi aspetti che caratterizzano i segnali analogici e digitali, mostrando le loro differenze fondamentali e il loro impatto sull'elaborazione dei dati.

Inizia con una introduzione che definisce i concetti chiave di "**segnale analogico**", "**segnale quantizzato**", "**segnale discreto**" e "**segnale digitale**". Ogni tipo di segnale è analizzato in base alle sue caratteristiche distintive, inclusi il metodo di variazione nel tempo e la discretizzazione dei valori che può assumere. Il confronto tra i segnali analogici e digitali evidenzia i vantaggi e gli svantaggi di entrambi i tipi di segnale.

La parte centrale della VDL si concentra sul processo di conversione analogico-digitale, che rappresenta il ponte tra il mondo analogico e quello digitale. descrive le tre fasi principali del processo di conversione: **campionamento, quantizzazione e codifica**.

Il **\*\*campionamento\*\*** è il processo di acquisire un campione del segnale analogico a intervalli di tempo discreti. La frequenza di campionamento è cruciale per la fedeltà della rappresentazione digitale del segnale. S'introduce il teorema di Nyquist-Shannon, che fornisce le linee guida per determinare la frequenza di campionamento minima necessaria per evitare la perdita di informazioni durante la conversione.

La **\*\*quantizzazione\*\*** è il processo di approssimare i valori campionati ad un numero limitato di livelli discreti. Il quanto, l'intervallo tra due livelli consecutivi, determina la precisione della rappresentazione digitale. Si evidenziano i diversi metodi di quantizzazione, inclusi la quantizzazione **silenziosa e non silenziosa**, e spiega l'errore di quantizzazione, che è un fattore determinante per la precisione del segnale digitale.

La **\*\*codifica\*\*** è il processo di convertire i livelli quantizzati in un codice binario, che può essere elaborato dai computer. Il documento descrive i diversi tipi di codifica, tra cui il codice binario puro, il codice binario offset e il codice modulo e segno. Il **codice Gray**, un codice binario specializzato, è presentato come una soluzione per prevenire errori di codifica dovuti a variazioni di tempo nei segnali digitali.

## 22\_SISTEMI DI ACQUISIZIONE DATI

Riguarda la descrizione di sistemi di acquisizione dati, con particolare attenzione ai sistemi **PC-based**. La lezione è divisa in tre sezioni: la prima illustra l'architettura di un sistema di acquisizione dati, la seconda analizza i sistemi di acquisizione dati in generale, e la terza si concentra sull'acquisizione e il trattamento di dati PC-based.

Nella prima sezione, si descrivono i cinque componenti fondamentali di un sistema di acquisizione dati PC-based: una fonte di segnale, una morsettiera, un cavo, un dispositivo DAQ (Data Acquisition Board) e un Personal Computer.



Si spiega il ruolo di ogni componente nell'acquisizione dei dati e ne descrive le specifiche caratteristiche. Si sofferma, ad esempio, sul ruolo della morsettiera nel collegamento dei segnali analogici in ingresso, e sul ruolo del dispositivo DAQ nella conversione del segnale analogico in digitale e nell'interfacciamento con il Personal Computer.

La seconda sezione si concentra su diversi tipi di sistemi di acquisizione dati, a partire dal sistema a ingresso singolo, fino a sistemi con più ingressi e sistemi veloci. Vengono illustrate le diverse soluzioni per l'acquisizione simultanea di dati da più ingressi, come l'utilizzo di multiplexer e di campionatori S&H dedicati per ogni canale di ingresso.

La terza sezione si focalizza sulle modalità di comunicazione tra un dispositivo DAQ e un PC, descrivendo i tre metodi più comuni: Base I/O Address, Interrupt Request (IRQ) e Direct Memory Access (DMA).

Si descrivono le caratteristiche e le differenze di ogni metodo, evidenziando le relative prestazioni e i diversi scenari di applicazione. Infine, si approfondisce l'utilizzo dell'interfaccia **GPIB (IEEE 488)** come esempio di protocollo di comunicazione tra strumenti e computer, analizzandone le specifiche e le principali applicazioni.

Si affronta poi l'aspetto della programmazione dei sistemi di acquisizione dati, introducendo lo **standard SCPI** (Standard Command for Programmable Instrumentation), e analizzando le diverse soluzioni per la programmazione di questi sistemi, come l'utilizzo di API, librerie software e strumenti di strumentazione virtuale, con particolare attenzione al software **LabVIEW** e al suo linguaggio di programmazione visuale G.

## 23\_Analisi dei processi e process capability

*Una guida completa all'analisi dei processi e al concetto di Process Capability.*

Inizia definendo l'analisi dei processi come un processo fondamentale per l'organizzazione produttiva moderna, concentrandosi su un modello organizzativo a minima energia che punta a migliorare costantemente i fattori di costo della produzione e la sua elasticità. Viene sottolineato che la continuità del flusso produttivo può essere ostacolata da vari fattori come carenze nel sistema, progettazione inadeguata, ritardo nel flusso dei materiali e difetti di produzione.

Si analizza l'approccio tradizionale alla produzione, che si basa su “immobilizzi” di materiali e aumento del numero di addetti per garantire la continuità. Vengono evidenziate le diseconomie associate a questo approccio, come l'immobilizzo di risorse economiche e lo spreco di materiali dovuto a prodotti difettosi.

La **gestione a minima energia** è introdotta come una soluzione alternativa, basata sulla rimozione delle cause che provocano i problemi invece che sulla ricerca di rimedi. Questo approccio richiede una profonda comprensione del comportamento del processo, l'utilizzo di tecniche per la progettazione degli esperimenti e l'individuazione delle cause dei problemi. Il documento sottolinea l'importanza del miglioramento continuo dei processi e l'introduzione del concetto di Process Capability.

La Process Capability è definita come la capacità di un processo di realizzare prodotti che rientrano entro i limiti di specifiche predefiniti. Il Process Capability (Cp) è definito come un parametro per misurare la capacità del processo, definendolo come il rapporto tra l'intervallo tra i limiti di specifica e **sei volte lo scarto quadratico medio** dei risultati osservati in un campione della produzione.



Spiega le condizioni necessarie per utilizzare correttamente l'indice **Cp**, come la distribuzione normale della variabile caratteristica, l'indipendenza delle osservazioni e il controllo statistico del processo. Viene sottolineato che un valore alto di Cp è desiderabile, poiché indica un processo capace di produrre prodotti all'interno dei limiti di specifica.

Introduce quindi l'indice **tasso di capacità (Cpk)**, che misura la prestazione del processo tenendo conto sia della dispersione che della centratura della distribuzione rispetto ai limiti di tolleranza. Il Cpk è un parametro importante per valutare la capacità di un processo considerando anche la sua centratura.

Poi si passa agli strumenti utilizzati per la gestione della qualità, come la raccolta dei dati, la **costruzione di istogrammi, l'analisi di Pareto, la stratificazione**, la costruzione di diagrammi causa-effetto e l'individuazione delle funzioni di correlazione. Questi strumenti possono essere utilizzati per migliorare la continuità della produzione e la qualità dei prodotti, ma vengono applicati off-line.

Si conclude con una descrizione del controllo in linea e **dell'analisi della varianza (ANOVA)** come strumenti utili per la gestione dei processi in tempo reale. Il controllo in linea permette di attuare eventuali correzioni al processo in base alle misure rilevate, mentre **l'ANOVA** consente di analizzare le differenze nel comportamento di diversi campioni di un processo. (Anova sarà ripreso nelle ultime lezioni).

## 24\_ESEMPI DI ANALISI DELLA PROCESS CAPABILITY

Si riprende il concetto di Process Capability, un parametro utilizzato per valutare la capacità di un processo di produrre prodotti che rientrino nei limiti di specifica.

Si introducono due importanti indicatori di Process Capability:

- **\*\*Cp (Indice di Process Capability) \*\***: misura il rapporto tra l'intervallo tra i limiti di specifica e sei volte lo scarto quadratico medio dei risultati osservati in un campione della produzione. Un Cp elevato indica un processo con bassa varianza e quindi più accurato, ma non necessariamente preciso.
- **\*\*Cpk (Tasso di capacità) \*\***: misura la capacità del processo di centrare la produzione rispetto ai limiti di specifica. Un Cpk elevato indica un processo accurato e preciso, con una bassa varianza e una produzione centrata.

Si riporta un esempio di differenza tra Cp e Cpk con un'analogia al gioco del golf, dove Cp rappresenta la capacità di colpire la palla nello stesso punto e Cpk rappresenta la capacità di colpire la palla nel punto desiderato (la buca).

Vengono poi descritte le condizioni in cui Cp e Cpk sono applicabili e le loro relazioni:

- **\*\*Cp è definito solo nel caso di specifiche bilaterali\*\*** (con limiti superiore e inferiore), mentre Cpk è applicabile anche nel caso di specifiche unilaterali.
- **\*\*Nel caso di specifiche bilaterali ma asimmetriche, Cp è distorto\*\*** e non rappresenta la potenzialità del processo in relazione al valore nominale, ma rispetto al centro dell'intervallo di tolleranza.
- **\*\*Cp ≥ Cpk\*\***, ovvero Cpk non può essere maggiore di Cp.

Vengono presentati due esempi

- **\*\*Esercizio A\*\***: Si considera la distribuzione dei dati relativi alle misure di temperatura di un forno a temperatura controllata, con l'obiettivo di calcolare Cp e Cpk e di determinare l'eventuale variazione deterministica sul processo affinché Cpk sia pari a 1.33.
- **\*\*Esercizio B\*\***: Si considerano i dati relativi ai tempi di intervento di un dispositivo elettronico, con l'obiettivo di determinare se il processo è sotto controllo rispetto alle specifiche di progetto in due casi: 82-90 secondi e 85-88 secondi.

## 25\_Analisi Grafica della Process Capability

È una Vdl che si focalizza sull'analisi grafica della capacità di un processo di produzione. Il docente introduce il concetto di Process Capability e ne illustra le diverse tipologie, fornendo una panoramica dei principali indicatori utilizzati per valutare la capacità del processo.

La Vdl si articola in tre sezioni:

1. **\*\*"Richiami Sugli Indici Della Process Capability"\*\***: Questa sezione introduce il concetto di Process Capability, definendolo come il rapporto tra l'intervallo tra i due limiti di specifica (inferiore e superiore) e **sei volte lo scarto quadratico medio** dei risultati osservati in un campione della produzione. Vengono introdotti gli indici Cp e Cpk, illustrando come vengono calcolati e interpretati.
2. **\*\*"Interpretazione Grafica Della Process Capability"\*\***: Questa sezione offre una rappresentazione grafica del concetto di Process Capability, utilizzando l'analogia con la guida di veicoli di diverse dimensioni su una carreggiata delimitata da guard rail. Il Docente mette in relazione il processo di guida con un processo produttivo, illustrando come la larghezza del veicolo rappresenta la variabilità del processo, mentre la larghezza della carreggiata rappresenta i limiti di specifica. Con questo esempio, si mostra come l'indice di Process Capability rappresenta la capacità del processo di rimanere all'interno dei limiti di specifica, evitando di superare i confini della "carreggiata".
3. **\*\*"Calcolo Degli Indici Per Via Grafica"\*\***: Questa sezione fornisce un esempio pratico di calcolo degli indici di Process Capability Cp e Cpk, utilizzando la rappresentazione grafica del processo di guida. L'autore assume come esempio un processo di produzione di una serie di prodotti con diverse dimensioni, mostrando come il valore di Cp e Cpk variano in base alla variabilità del processo e alla distanza del centro del processo dalla linea di mezzzeria.

## 26\_Costruzione di istogrammi

*una guida dettagliata sulla creazione e interpretazione di istogrammi, un potente strumento di visualizzazione dei dati utilizzato nelle statistiche e nell'analisi dei dati.*

Inizia definendo l'istogramma come una rappresentazione grafica di un set di dati che mostra la frequenza con cui i valori misurati rientrano in determinati intervalli. L'istogramma è costruito tracciando una serie di barre in cui l'altezza di ogni barra rappresenta la frequenza dei valori che rientrano nell'intervallo rappresentato dalla base della barra.

Si evidenzia l'importanza di scegliere il numero corretto di intervalli per l'istogramma per garantire una rappresentazione chiara e informativa dei dati. La scelta del numero di intervalli dipende dal numero totale di osservazioni, si fornisce una tabella pratica che consiglia il numero di intervalli da utilizzare in base al numero di osservazioni.

Si passa quindi a discutere l'esame visivo della distribuzione dei dati in un istogramma. L'analisi visiva fornisce informazioni essenziali sulla forma della distribuzione dei dati, aiutando a identificare caratteristiche importanti come:

- **Tendenza centrale:** identifica il punto in cui i dati tendono a concentrarsi, come la moda, la mediana o la media.
- **Variabilità:** misura quanto i dati sono dispersi, utilizzando misure come il range, la deviazione media o la deviazione standard.
- **Asimmetria:** indica se la distribuzione dei dati è simmetrica o asimmetrica.
- **Multimodalità:** indica se la distribuzione ha un unico punto di concentrazione (**unimodale**) o più punti di concentrazione (**multimodale**).

Si evidenzia anche l'importanza di distinguere tra istogrammi normalizzati e non normalizzati. Gli istogrammi normalizzati presentano un'area totale di 1, il che facilita il confronto tra diverse distribuzioni.

Oltre all'esame visivo, si osservano i parametri indicativi che forniscono misure quantitative della tendenza centrale e della dispersione dei dati. I principali parametri indicativi discussi sono:

- **Media aritmetica:** rappresenta il valore medio dei dati.
- **Moda:** indica il valore che si verifica più frequentemente nei dati.
- **Mediana:** rappresenta il valore che divide la distribuzione a metà.
- **Range:** misura la differenza tra il valore massimo e il valore minimo dei dati.
- **Deviazione media:** calcola la media delle differenze assolute tra i dati e la media.
- **Scarto quadratico medio** (*deviazione standard*): misura la dispersione dei dati attorno alla media.

Si approfondiscono anche le tecniche di *traslazione e modifica dell'unità* dei dati per semplificare i calcoli della media e della deviazione standard.

## 27\_Rappresentazione Grafica e Calcolo dei Dati di Processo

*una guida completa sulla rappresentazione e l'analisi dei dati di processo.*

Inizia con una panoramica dei concetti fondamentali della rappresentazione grafica dei dati, in particolare l'istogramma, l'**ogiva** e il **poligono delle frequenze**. Viene spiegato in dettaglio come costruire un istogramma, partendo dalla definizione degli intervalli di misura e dalla scelta del numero di classi appropriate, fino alla costruzione del grafico stesso. Viene poi illustrato il concetto di **frequenza normalizzata** e il suo legame con l'area dell'istogramma.

Prosegue con una spiegazione dettagliata dei metodi di calcolo dei parametri statistici fondamentali: **la media, la moda e la mediana**. Per la media, viene presentata la formula per il calcolo della media ponderata, mentre per la moda viene illustrato il metodo di determinazione in base alla massima frequenza. Infine, per la mediana, viene illustrata la formula per il calcolo della mediana in base alla posizione centrale dei dati ordinati.

## 28\_Rappresentazione Grafica e Calcolo dei Dati di Processo

*Una guida completa sulla rappresentazione e l'analisi dei dati di processo.*

Inizia con una panoramica dei concetti fondamentali della rappresentazione grafica dei dati, in particolare **l'istogramma**, **l'ogiva** e il **poligono delle frequenze**. Viene spiegato in dettaglio come costruire un istogramma, partendo dalla definizione degli intervalli di misura e dalla scelta del numero di classi appropriate, fino alla costruzione del grafico stesso. Viene poi illustrato il concetto di frequenza normalizzata e il suo legame con l'area dell'istogramma.

Prosegue con una spiegazione dettagliata dei metodi di calcolo dei parametri statistici fondamentali: la media, la moda e la mediana. Per la media, viene presentata la formula per il calcolo della media ponderata, mentre per la moda viene illustrato il metodo di determinazione in base alla massima frequenza. Infine, per la mediana, viene illustrata la formula per il calcolo della mediana in base alla posizione centrale dei dati ordinati.

## 29\_Tecniche di campionamento per il prelievo dei dati

Il documento inizia spiegando l'importanza di utilizzare tecniche di campionamento accurate quando si raccolgono dati da una popolazione. Enfatizza l'importanza di garantire che ogni elemento della popolazione abbia la stessa probabilità di essere selezionato per il campione e che il metodo di selezione non sia correlato alla classificazione dell'elemento.

si passa poi a discutere le diverse tecniche di campionamento, tra cui:

1. **\*\*Stratificazione:\*\*** Questa tecnica prevede la suddivisione della popolazione in sottogruppi o strati in base a caratteristiche condivise, come sesso, età o reddito. Vengono quindi selezionati campioni casuali da ogni strato per garantire che il campione rappresenti accuratamente la popolazione generale.
2. **\*\*Campionamento casuale semplice:\*\*** Questa è la tecnica più semplice, che prevede la selezione casuale di unità da una popolazione.
3. **\*\*Campionamento sistematico:\*\*** In questa tecnica, si seleziona una unità dalla popolazione e poi si selezionano le unità successive a intervalli regolari.
4. **\*\*Campionamento stratificato:\*\*** Questa tecnica comporta la suddivisione della popolazione in strati e la selezione di campioni da ogni strato. Questo metodo è utile quando è necessario garantire che il campione rappresenti accuratamente la popolazione in base a determinate caratteristiche.
5. **\*\*Campionamento a più stadi:\*\*** Questa tecnica è utile quando non è disponibile un elenco di unità da cui selezionare il campione. In questo caso, si selezionano i campioni a diversi livelli (ad esempio, si può prima selezionare un campione di città, quindi selezionare un campione di quartieri da ogni città selezionata, e infine selezionare un campione di unità da ogni quartiere selezionato).
6. **\*\*Campionamento areale:\*\*** Questa tecnica è utilizzata quando le unità della popolazione sono distribuite su un'area geografica. In questo caso, l'area viene suddivisa in sotto-aree e viene selezionato un campione di sotto-aree.

Il documento fornisce anche un esempio di campionamento stratificato per illustrare come la tecnica può essere utilizzata nella pratica. L'esempio prevede la selezione di un campione di 8 persone da un gruppo di 30 persone, in base a due variabili classificadorie: sesso e abitudine al fumo. Si mostra come determinare il peso di ogni strato e come utilizzare il peso per selezionare il campione.

Infine, si mettono in evidenza le possibili distorsioni che possono verificarsi nelle stime se le tecniche di campionamento non sono implementate correttamente. Viene fornita una discussione sulle cause più comuni di distorsione e su come riconoscerle utilizzando gli istogrammi.

Nel complesso, si fornisce una panoramica generale delle tecniche di campionamento e offerte alcune indicazioni per l'applicazione di tali tecniche nella pratica.

## 30\_Comprendimento dell'andamento dei processi

Si presentano due metodi di analisi statistica utilizzati per migliorare la gestione dei processi:

il **Diagramma di Pareto** e l'**Analisi ABC**.

Il **Diagramma di Pareto** è un metodo grafico che mostra l'importanza relativa dei diversi fattori che causano un problema. Il principio alla base del diagramma di Pareto è che la maggior parte dei problemi è causata da pochi fattori critici.

Per creare un Diagramma di Pareto, si inizia classificando le cause del problema in ordine decrescente di frequenza o gravità. Quindi, si traccia un grafico a barre che mostra la frequenza relativa di ogni causa. Si traccia anche una linea che rappresenta la frequenza cumulata delle cause. Il diagramma risultante mostra visivamente quali sono i fattori più importanti da affrontare per migliorare un processo.

L'**Analisi ABC** è un metodo utilizzato per classificare gli elementi di un inventario o un sistema di gestione in base al loro valore. Si basa sul principio che una piccola percentuale degli elementi in un inventario è responsabile della maggior parte del valore totale. Gli elementi vengono classificati in tre categorie:

**A:** Gli elementi della categoria A sono gli elementi più importanti, che rappresentano il 20% degli elementi ma l'80% del valore totale.

**B:** Gli elementi della categoria B sono elementi di importanza intermedia, che rappresentano il 30% degli elementi e il 15% del valore totale.

**C:** Gli elementi della categoria C sono gli elementi meno importanti, che rappresentano il 50% degli elementi e il 5% del valore totale.

L'Analisi ABC aiuta le aziende a concentrare le loro risorse sulla gestione degli elementi della categoria A, poiché questi sono quelli che hanno il maggiore impatto sul valore dell'inventario o del sistema di gestione. Il Diagramma di Pareto e l'Analisi ABC possono essere applicati in diversi settori, tra cui la produzione, la logistica, la gestione dei magazzini e il controllo qualità.

Il Principio di Pareto, a livello statistico-empirico che afferma che il 20% delle cause è responsabile dell'80% degli effetti. Questo principio è spesso utilizzato in ambito di gestione per identificare le aree più importanti su cui concentrarsi per migliorare un processo o un sistema. (e non è una ripetizione della definizione è un altro modo di applicare il principio).

## 31\_diagramma causa-effetto

è una guida che spiega come creare un diagramma causa-effetto (anche noto come diagramma di Ishikawa o diagramma a lisca di pesce).

Iniziamo definendo la **qualità misurabile** come quella che è definita da parametri numerici, come la resistenza di un conduttore, la induttanza di una bobina, lo spessore di una lamiera, i tempi di produzione, il numero di elementi difettosi in una produzione, ecc. la variabilità nei parametri è dovuta a una serie di cause interne ed esterne al processo produttivo. Per garantire la qualità di un prodotto, è fondamentale identificare tutte le cause che influenzano il prodotto finito, classificandole e stabilendone le reciproche influenze. Questo è dove entra in gioco il diagramma causa-effetto.

Il **diagramma causa-effetto** è uno strumento visivo che aiuta a identificare e organizzare le cause di un problema o di un effetto. Ci sono due tecniche principali per creare un diagramma causa-effetto:

**\*\*\*Tecnica lineare: \*\*** Questa tecnica prevede la costruzione di un diagramma lungo una linea principale orizzontale che rappresenta il processo produttivo. Le varie fasi della produzione sono rappresentate da frecce oblique che rimandano alle cause di dispersione attribuibili a quella fase.

**\*\*\*Tecnica di enumerazione: \*\*** Questa tecnica prevede l'elencazione di tutte le possibili cause di un problema o di un effetto, indipendentemente dalla loro relazione con le varie fasi del processo. Le cause vengono poi organizzate secondo una sequenza logica legata al processo di produzione.

### **\*\*Analisi per singole cause\*\***

Si sottolinea l'importanza di analizzare le cause individualmente, evidenziando che ogni fase del processo può essere influenzata da una serie di cause. Ad esempio, la fase di "definizione del misurando" può essere influenzata da una serie di fattori, come l'individuazione dei parametri di influenza, la fissazione del valore nominale di tali parametri in relazione alla misura, la modalità di preparazione del provino e le modalità di prelievo del dato.

### **\*\*Diagramma a lisca di pesce\*\***

È un tipo di diagramma causa-effetto che è stato messo a punto in Giappone nel 1943 da Kaoru Ishikawa, noto guru della qualità totale. Il diagramma di Ishikawa è uno strumento visivo che aiuta a identificare le cause di un problema o di un effetto, raggruppandole in cinque categorie principali:

**\*\*\*Manodopera: \*\*** (Man, conoscenze, competenze, abilità, formazione, addestramento...)

**\*\*\*Macchine: \*\*** (Machines, include energia impiegata, strumenti di lavoro e di misura...)

**\*\*\*Materiali: \*\*** (Materials, materie prime e ausiliarie...)

**\*\*\*Metodi: \*\*** (Methods, procedure o prassi operative...)

**\*\*\*Ambiente: \*\*** (Milieu)

Di seguito si elencano i passaggi per creare un diagramma di **Ishikawa**:

**\*\*\*Scegliere il problema da analizzare. \*\***

**\*\*\*Determinare le caratteristiche o gli effetti del problema da esaminare. \*\***

**\*\*\*Trascrivere gli effetti sulla parte destra del foglio e disegnare un rettangolo che li racchiuda. \*\***



**\*\*Individuare tutte le possibili cause del problema. \*\***

**\*\*Tracciare una linea lunga dalla "testa" del diagramma (il rettangolo che racchiude gli effetti) fino a raggiungere le cause. \*\***

**\*\*Raggruppare le cause con ordine e creare una linea verticale per ogni causa. \*\***

**\*\*Determinare le cause primarie, secondarie e terziarie. \*\***

**\*\*Interpretazione del diagramma\*\***

Si conclude con una sezione sull'interpretazione del diagramma causa-effetto, fornendo una guida su come assegnare un punteggio alle cause identificate, nonché una panoramica sull'applicazione dell'analisi di Pareto per identificare le cause più importanti.

## 32\_Ricerca Delle Funzioni Di Correlazione

Rappresenta lo studio della correlazione tra due variabili statistiche.

1. **\*\*Il Diagramma di Correlazione: \*\*** uno strumento grafico utilizzato per visualizzare la relazione tra due variabili. In questa sezione, vengono illustrati i metodi per verificare la presenza di correlazione e per identificare la forma della relazione, come il metodo delle mediane.
2. **\*\*La Retta Interpolante: \*\*** una funzione lineare che interpola un insieme di punti. Vengono approfondite le motivazioni e gli scopi dell'interpolazione statistica, nonché le trasformazioni di coordinate che permettono di rappresentare in modo lineare relazioni non lineari.
3. **\*\*Analisi Della Correlazione: \*\*** approfondisce il metodo dei minimi quadrati, un metodo per determinare la funzione che meglio approssima un insieme di punti. Viene illustrato il procedimento per calcolare i parametri dell'equazione di regressione lineare, ovvero la retta che minimizza lo scarto quadratico medio tra i punti osservati e quelli previsti dalla funzione.
4. **\*\*Metodi Analitici Semplificati: \*\*** per determinare i coefficienti di regressione lineare senza dover utilizzare il metodo dei minimi quadrati. Vengono presentati il **metodo della sequenza delle differenze** e il **metodo dell'analisi su raggruppamenti di punti**, con i rispettivi vantaggi e svantaggi.

## 33\_Indicatori di qualità per i prodotti industriali

*una panoramica dei concetti chiave relativi alla valutazione della qualità dei prodotti industriali.*

Inizia esaminando le caratteristiche tipologiche degli indicatori di qualità. Gli indicatori sono strumenti essenziali per misurare e valutare la qualità di un prodotto, garantendo che la valutazione sia oggettiva e non soggettiva. Il documento sottolinea l'importanza di misurare gli attributi del prodotto per ottenere dati affidabili per l'analisi della qualità. Viene discusso come gli indicatori possano essere utilizzati per monitorare le caratteristiche dei prodotti e dei processi di produzione, e come sia possibile definire un unico indicatore che rappresenti la qualità complessiva di un prodotto.

La seconda parte del documento si concentra sul concetto di **"Costo Globale"** come indicatore di qualità. Il documento sottolinea che la qualità di un prodotto è relativa alla sua funzione e alle aspettative dell'utente. Il costo globale rappresenta la somma dei costi associati al normale funzionamento e alla non-qualità del prodotto, con l'obiettivo di minimizzare tale costo per ottenere una maggiore qualità. Il documento evidenzia l'importanza di considerare sia i costi di produzione che i costi di utilizzo per ottenere una valutazione completa della qualità.

Infine, si analizza la durata di funzionamento come indicatore di qualità. La durata di funzionamento rappresenta il tempo durante il quale un prodotto mantiene le sue caratteristiche e la sua funzionalità. Il documento identifica le cause di guasto, classificandole in categorie come errori di progetto, errori di costruzione, errori di installazione e invecchiamento. L'analisi del guasto è fondamentale per identificare i punti critici del ciclo di vita di un prodotto e per adottare misure preventive, come la manutenzione programmata, per garantire una maggiore durata.

Si conclude con una discussione sull'invecchiamento dei prodotti. L'invecchiamento è un processo di degradazione fisica causato da sollecitazioni interne ed esterne. Si descrivono i diversi modelli di invecchiamento, tra cui il modello lineare e il modello esponenziale. L'analisi dell'invecchiamento è essenziale per comprendere la durata di vita di un prodotto e per ottimizzare i processi di progettazione e di produzione.

## 34\_Modelli di Deterioramento

Approfondisce la complessa relazione tra stress e deterioramento nei materiali e nei componenti, fornendo un quadro completo dei modelli di deterioramento più diffusi.

Si inizia esplorando i modelli empirici e teorici che governano il deterioramento, sottolineando l'importanza di comprendere le relazioni stress-deterioramento per progettare e realizzare prodotti affidabili e resistenti. I modelli di Arrhenius, di Eyring e della Potenza Inversa vengono presentati come strumenti chiave per correlare il tasso di deterioramento alla temperatura e ad altre sollecitazioni.

Si prosegue illustrando come la durata di vita di un componente sia inversamente proporzionale alla velocità della reazione chimica che causa il deterioramento. L'utilizzo della legge di Arrhenius permette di prevedere la durata di un componente a una data temperatura, mentre il modello di Eyring fornisce una riformulazione più precisa che tiene conto di ulteriori sollecitazioni. Il modello della Potenza Inversa, invece, risulta particolarmente utile per studiare il cedimento dei materiali sotto stress ciclici.

Vengono poi discusse le prove di vita accelerata, tecniche utilizzate per determinare la durata di vita di un componente in condizioni operative reali, sottoponendolo a sollecitazioni più intense. Il documento evidenzia i vantaggi e i limiti delle prove di vita accelerata, mettendo in evidenza la necessità di considerare eventuali cause molteplici di deterioramento e di adottare strategie adeguate per ottenere risultati affidabili.

Poi si passa al concetto di "**termine della vita**" e di "**vita qualificata**" di un componente. Si sottolinea la differenza tra il momento in cui un componente raggiunge il suo punto finale, ovvero il momento in cui non è più in grado di funzionare correttamente, e il termine della sua vita, che si verifica quando le sue caratteristiche non sono più all'interno di un range accettabile. L'endpoint è quindi determinato dalla funzione del componente all'interno di un sistema più complesso, come un'apparecchiatura, e dipende dalle sollecitazioni e dalle tolleranze progettate.

## 35\_modelli di vita accelerata

La lezione si focalizza sull'influenza delle sollecitazioni termiche sui materiali e sulla durata della loro vita utile.



Si parte introducendo il concetto di deterioramento per sollecitazioni termiche e si spiega come il tasso di deterioramento è correlato alla temperatura assoluta tramite la funzione esponenziale, utilizzando il **modello di Arrhenius**.

Successivamente, viene illustrato il modello di Arrhenius e il suo impiego nella previsione della durata di vita dei materiali. Viene descritto come questo modello possa essere applicato graficamente, utilizzando una carta di vita termica (o **Carta di Arrhenius**), per determinare la durata di vita di un componente a una temperatura specifica.

Si prosegue con una discussione sulle prove di vita accelerata, che vengono utilizzate per valutare la durata di vita di un componente in modo rapido ed efficiente. Vengono presentate diverse tecniche di accelerazione dell'invecchiamento, come l'applicazione di sollecitazioni costanti di livello elevato, sollecitazioni cicliche e cause molteplici di guasto.

Si affronta poi l'analisi della **durata in condizioni di servizio variabili**, dove i materiali sono esposti a una serie di temperature e tempi diversi durante il loro ciclo di vita. Viene descritto come il tempo totale speso a ogni temperatura può essere utilizzato per determinare il tasso di invecchiamento complessivo e come si può calcolare un tempo equivalente per una temperatura di riferimento costante.

Infine, si fa un esempio di calcolo che illustra l'applicazione dei modelli di Arrhenius e di **Eyring** per determinare la durata di vita di un componente a una temperatura specifica.

## 36\_NON Qualità

*Esplora il concetto di qualità e il suo impatto economico.*

S'inizia definendo la qualità come la capacità di un prodotto di mantenere le sue caratteristiche dichiarate in tutte le condizioni operative previste per l'intera durata della sua vita presunta, senza alcun effetto dannoso collaterale. Quando un prodotto non soddisfa queste aspettative, si determina una "**non qualità**", che si traduce in danni economici sia per l'utilizzatore, sia per il produttore, sia per la società nel suo complesso.

Poi si passa al "**costo della non qualità**" come un valore che comprende tutte le perdite totali provocate alla società, al produttore e all'utilizzatore, tra cui difettosità di funzionamento, effetti nocivi collaterali, consumi energetici e altri aspetti. Viene introdotta la funzione perdita di qualità come uno strumento per quantificare il costo della "non qualità" e viene spiegato come questa funzione può assumere forme diverse a seconda delle caratteristiche del prodotto e del suo utilizzo.

Ci si concentra quindi sul rapporto **segnale/rumore**, un importante indicatore della qualità del prodotto che mette in relazione la potenza del segnale utile con quella del rumore in un sistema di acquisizione, elaborazione o trasmissione dell'informazione. Viene spiegato come il rapporto **segnale/rumore** può essere utilizzato come funzione obiettivo per valutare la qualità del prodotto, tenendo conto delle cause di rumore interne ed esterne che possono influenzare la prestazione del prodotto.

Si conclude con una discussione su come minimizzare la perdita di qualità, evidenziando l'importanza di ridurre sia la variabilità (**rumore**) sia lo scostamento dalla media (**errore sistematico**). Viene presentato un metodo per calcolare la **perdita di qualità** dopo un aggiustamento che elimina gli effetti dello scarto dal valore obiettivo, permettendo così di ottenere una misura più precisa della qualità del prodotto.

## 37\_Esempi di calcolo del costo della non qualità

Analisi del costo della non qualità nei processi produttivi. La Vdl ha è divisa in quattro sezioni principali che affrontano diversi aspetti del tema.

### **\*\*Sezione 1: Richiami Concettuali\*\***

Si inizia definendo il costo della non qualità come una componente del costo totale di un prodotto, in aggiunta ai costi di funzionamento (produzione, manutenzione, ecc.). Il costo della non qualità è legato alle perdite che si verificano a causa di difetti di funzionamento, effetti collaterali negativi, consumi energetici, ecc. La qualità di un prodotto si deteriora nel tempo a causa di sollecitazioni normali durante l'utilizzo e di fattori ambientali.

Si introduce poi il concetto di "funzione di perdita" come strumento per quantificare la perdita di qualità in base alla deviazione del valore reale rispetto al valore obiettivo. Viene presentata una funzione a gradino e una funzione quadratica come esempi di funzioni di perdita, con la funzione quadratica considerata come un modello più realistico.

### **\*\*Sezione 2: Calcolo del minimo della funzione di perdita\*\***

Questa sezione presenta un esempio di calcolo del valore minimo della funzione di perdita in un dispositivo elettronico. Attraverso dati sperimentali, viene illustrato come la perdita economica aumenta all'aumentare della tensione di alimentazione. Utilizzando una funzione quadratica per modellare la perdita, si evidenzia: il valore di tensione nominale, per cui la perdita economica è minima.

### **\*\*Sezione 3: Calcolo della massima tolleranza ammissibile\*\***

Questa sezione analizza il caso di un dispositivo elettronico che funziona con una tensione di alimentazione di 12 V. Si spiega il concetto di tolleranza, ovvero il limite massimo di deviazione dal valore nominale. Viene introdotto il costo di sostituzione del dispositivo in caso di superamento della tolleranza. L'obiettivo è di determinare la tolleranza massima ammissibile per evitare al consumatore un costo superiore a 100€.

### **\*\*Sezione 4: Calcolo della variazione percentuale di perdita economica\*\***

Questa sezione presenta un esempio di calcolo della variazione percentuale di perdita economica in un dispositivo elettronico con tensione di alimentazione di 112 V. si analizza l'aumento della perdita economica al variare della tensione di alimentazione. Utilizzando la funzione quadratica di perdita, si calcola la variazione percentuale della perdita economica tra due punti di tensione di alimentazione.

## 38\_La Qualità dei Servizi

Analisi del contesto italiano riguardo la qualità dei servizi. Si approfondiscono gli aspetti cruciali della valutazione della qualità dei servizi, sottolineando la necessità di considerare sia le esigenze espresse che quelle implicite dei clienti.

Si inizia definendo la qualità come "l'insieme delle caratteristiche di una entità che ne determinano la capacità di soddisfare esigenze espresse ed implicite". Tuttavia, questa definizione generale non fornisce una metodologia di misurazione univoca.

Il Docente sostiene che la valutazione della qualità dei servizi deve essere adattata al contesto specifico e alle esigenze individuali. L'organizzazione che desidera garantire la qualità dei servizi

offerti deve innanzitutto identificare le esigenze dei clienti e poi progettare e realizzare il servizio in modo da soddisfarle.

Si affronta anche il tema della difficoltà di misurare la qualità dei servizi, specialmente quando le esigenze dei clienti variano nel tempo e sono diverse. L'autore propone l'utilizzo di indicatori sia oggettivi, come quelli relativi alle caratteristiche del servizio, sia soggettivi, come quelli relativi alla percezione dei clienti.

si suddividono gli indicatori in tre categorie: **indicatori interni**, che misurano la qualità del servizio durante la sua realizzazione; **indicatori esterni**, che misurano la percezione dei clienti; e **indicatori di processo**, che valutano la qualità del servizio attraverso l'analisi delle fasi di progettazione, realizzazione ed erogazione.

Si sottolinea l'importanza di considerare le aspettative dei clienti, che possono essere implicite, esplicite o latenti. I bisogni impliciti sono quelli che il cliente considera scontati, mentre i bisogni espliciti sono quelli che il cliente comunica direttamente. I bisogni latenti, invece, sono quelli che il cliente non riesce a esprimere fino a quando non ne prova la soddisfazione.

Infine si analizza il tema dell'assicurazione della qualità dei servizi, evidenziando la necessità di creare un sistema di controllo che garantisca la qualità del servizio offerto. Il docente sottolinea l'importanza di definire chiaramente i requisiti del servizio e i processi utilizzati per la sua realizzazione, e di sviluppare sistemi di valutazione della qualità del servizio che siano oggettivi e affidabili.

### 39\_Valutazione della qualità dei servizi

Si concentra sull'importanza della Carta dei Servizi e sulle tecniche di valutazione della qualità.

#### **\*\*Approccio a priori: La Carta dei Servizi\*\***

La Carta dei Servizi è un documento che definisce gli obblighi del fornitore nei confronti del cliente, garantendo trasparenza e chiarezza sulle prestazioni erogate. sottolinea l'importanza di indicatori significativi, validi, rilevabili e sensibili per valutare le prestazioni. La Carta dei Servizi dovrebbe essere un documento dinamico, aggiornato periodicamente per adattarsi ai bisogni mutevoli della comunità.

#### **\*\*Approccio a posteriori: Tecniche di valutazione\*\***

La valutazione della qualità dei servizi si basa su due approcci: **la conformità delle strutture e delle attività con il progetto definito e la soddisfazione degli utenti**. Le tecniche di valutazione si differenziano in base al tipo di servizio e alla fase di valutazione, sia nello sviluppo che a regime. Gli scopi principali della valutazione sono: attribuzione di un premio, diagnosi organizzativa e dimostrazione del rispetto dei requisiti fondamentali.

#### **\*\*Il metodo Servqual\*\***

Il metodo Servqual è uno strumento di misurazione diretta ampiamente utilizzato per valutare la qualità dei servizi. Misura la differenza tra le aspettative e le percezioni dei clienti, identificando cinque "gap" o scostamenti che influenzano la soddisfazione del cliente. Il metodo Servqual può essere utilizzato per analizzare l'evoluzione nel tempo delle aspettative e delle percezioni dei clienti, confrontare le aziende concorrenti e segmentare i clienti in base alle loro percezioni della qualità.

#### **\*\*Relazione tra la Carta dei Servizi e la norma ISO 9001\*\***

Si illustra la stretta relazione tra la Carta dei Servizi e la norma ISO 9001, evidenziando come la Carta possa essere integrata nel sistema di gestione della qualità aziendale. L'applicazione della norma ISO 9001 richiede un sistema di qualità strutturato e definito, con responsabilità chiare e un sistema di controllo e monitoraggio dei processi.

**\*\*Il Punteggio Servqual Globale (PSG)\*\***

Il **PSG** è un indicatore che misura il livello di soddisfazione dei clienti, calcolando lo scostamento tra la percezione e le aspettative del cliente. Il documento spiega come utilizzare il PSG per identificare le aree di forza e di debolezza del servizio, evidenziando gli aspetti che necessitano di miglioramento.

## 40\_Applicazione del Sistema Servqual

Fa un esempio e analizza la qualità del servizio offerto da un ospedale utilizzando il modello Servqual.

Il modello Servqual, ideato in ambito accademico e aziendale, valuta la qualità del servizio attraverso cinque dimensioni:

**\*\*\*Accessibilità: \*\*** La semplicità di prenotazione, la facilità di raggiungimento e l'assenza di barriere architettoniche.

**\*\*\*Aspetti tangibili: \*\*** Il comfort della sala d'attesa, l'aspetto degli ambulatori e la possibilità di esporre reclami.

**\*\*\*Efficacia: \*\*** L'attesa tra prenotazione e visita, la durata della visita e la comunicazione della diagnosi.

**\*\*\*Professionalità del personale: \*\*** La cortesia del personale amministrativo, medico e paramedico e la competenza mostrata dal personale.

L'indagine sperimentale è stata condotta su un campione di 100 pazienti, stratificati per stato di utente, età, sesso e stato occupazionale. Per ogni parametro, è stato chiesto ai pazienti di valutare sia le loro aspettative che le loro percezioni riguardo al servizio.

I risultati dell'analisi hanno evidenziato aree di forza e di debolezza. Le aree di forza sono state identificate in base al punteggio assegnato per le percezioni, che è risultato superiore a 6 e che coincide con un'importanza attribuita al parametro superiore a 8.

Le aree di miglioramento, invece, sono state individuate in base a un punteggio di percezione inferiore a 6, con un'importanza attribuita al parametro superiore a 8.

Le aree di miglioramento riguardano:

**\*\*\*Possibilità di esporre reclami: \*\*** La mancanza di un ufficio reclami dedicato potrebbe creare insoddisfazione nei pazienti.

**\*\*\*Attesa tra prenotazione e visita: \*\*** Il tempo di attesa potrebbe essere ridotto con un aumento del personale e delle apparecchiature.

**\*\*\*Comunicazione della diagnosi: \*\*** La comunicazione della diagnosi potrebbe essere migliorata utilizzando stanze dedicate e un linguaggio più semplice.

Si conclude con una serie di azioni correttive che possono essere implementate per migliorare la qualità del servizio offerto dall'ospedale.

## 41\_Metodi Tenner e Servfmea

Qui saranno illustrati tre metodi utilizzati per migliorare la gestione dei processi e la qualità dei servizi: il **metodo Tenner**, la logica RADAR e il metodo **SERVFMEA**.

### **\*\*Il Metodo Tenner\*\***

Il metodo Tenner si basa sul ciclo **PDCA** (Plan, Do, Check, Act) di Deming, applicato a processi di servizio. Questo metodo si concentra sull'identificazione e la risoluzione dei problemi attraverso una sequenza logica di fasi.

#### **\*\*Fasi del metodo Tenner: \*\***

1. **\*\*Plan: \*\*** Definizione del problema, identificazione delle attività, determinazione degli scostamenti, comprensione delle cause degli scostamenti, sviluppo delle soluzioni e loro valutazione.
2. **\*\*Do: \*\*** Implementazione delle soluzioni, verificando la loro efficacia.
3. **\*\*Check: \*\*** Verifica dei risultati e valutazione dell'efficacia delle soluzioni implementate.
4. **\*\*Act: \*\*** Standardizzazione delle soluzioni efficaci e implementazione di modifiche in caso di insuccesso.

### **\*\*La Logica RADAR\*\***

La logica RADAR è una variante del metodo PDCA che si concentra sulla valutazione delle prestazioni e delle risorse. Questo metodo utilizza un approccio sistematico per definire i risultati desiderati, pianificare gli approcci, implementarli, valutarli e rivederli.

#### **\*\*Principi della Logica RADAR: \*\***

- \* **\*\*Risultati: \*\*** Definizione dei risultati desiderati in base ai clienti, ai dipendenti, alla comunità e alle prestazioni chiave.
- \* **\*\*Approccio: \*\*** Pianificazione e sviluppo di approcci per raggiungere i risultati desiderati.
- \* **\*\*Sviluppo: \*\*** Implementazione sistematica degli approcci pianificati.
- \* **\*\*Valutazione: \*\*** Valutazione delle prestazioni e delle risorse, con un focus sulle tendenze e sugli standard.
- \* **\*\*Riesame: \*\*** Revisione del metodo e aggiornamento del processo per ottenere miglioramenti continui.

### **\*\*Il Metodo SERVFMEA\*\***

Il **metodo SERVFMEA** (Failure Mode and Effect Analysis per i servizi) si concentra sull'identificazione precoce degli eventi indesiderati e sulla prevenzione dei problemi. Questo metodo è utilizzato per migliorare la qualità dei servizi e per ridurre i rischi.

#### **\*\*Fasi del Metodo SERVFMEA: \*\***

1. **\*\*Identificazione dei rischi: \*\*** Identificazione delle potenziali cause di errori e difetti nei servizi.
2. **\*\*Analisi degli effetti: \*\*** Analisi degli effetti potenziali di ogni causa identificata.
3. **\*\*Valutazione dei rischi: \*\*** Valutazione della probabilità di accadimento, della gravità degli effetti e della facilità di rilevamento di ogni causa.

4. **\*\*Sviluppo di azioni preventive:\*\*** Implementazione di azioni per mitigare o eliminare i rischi identificati.

5. **\*\*Monitoraggio e controllo:\*\*** Monitoraggio continuo dei rischi e delle azioni preventive per assicurarne l'efficacia.

## 42\_Carte di controllo

Servono per l'analisi dei dati, con un particolare focus sull'applicazione a dati di misura.

### **\*\*1. Teoria generale:\*\***

Si definisce il concetto di **processo industriale** come un insieme di attività progettate per ottenere un prodotto con caratteristiche prefissate.

\* Si sottolinea come, in realtà, la variabilità casuale e gli errori di misurazione rendano impossibile ottenere prodotti identici.

\* L'obiettivo diventa quindi quello di accertare che i risultati della misurazione rimangano all'interno di un intervallo accettabile, definito da un valore atteso e da una tolleranza.

\* Viene introdotta la distribuzione normale (gaussiana) come modello ideale per la distribuzione dei dati, e si spiega come la verifica della normalità della distribuzione e il calcolo dello scarto quadratico medio permettano di determinare la probabilità che i risultati rientrino in un intervallo specifico.

### **\*\*2. Carte di controllo su dati misura:\*\***

\* Vengono presentate le "**Carte di controllo**", strumenti grafici che rappresentano l'andamento nel tempo dei dati di misura e permettono di individuare eventuali derive nel processo.

\* Il documento illustra due tipi di carte:

\* La **carta del valore medio** (X) che mostra l'andamento del valor medio delle misure nel tempo.

\* La **carta del range** (R) che rappresenta l'ampiezza dell'intervallo tra il valore più alto e quello più basso delle misure all'interno di un sottogruppo.

\* Vengono descritte le linee che si trovano sulle carte: *la linea centrale, i limiti di controllo superiore e inferiore* (LSC e LIC) e i limiti di avvertimento superiore e inferiore (UWL e LWL).

\* Si evidenzia che le carte di controllo sono utili per identificare immediatamente situazioni di fuori controllo, permettendo di intervenire prontamente con azioni correttive per riportare il processo in una condizione di normalità.

### **\*\*3. Analisi dei dati con le carte di controllo:\*\***

\* Spiega come analizzare i dati raccolti con le carte di controllo.

\* Si sottolinea che è possibile distinguere due obiettivi:

\* L'analisi del processo per identificare la presenza di cause comuni e valutare la dispersione dei risultati.

\* La verifica della conformità dei prodotti alle specifiche di progetto.

\* L'analisi dei dati, in entrambi i casi, si basa sull'osservazione dell'andamento dei punti sul grafico rispetto ai limiti di controllo.

\* Si descrive come interpretare gli andamenti dei punti e quali indicazioni possono essere dedotte da specifici comportamenti dei dati.

\* Vengono evidenziate le potenziali cause di scostamenti dai limiti di controllo e come intervenire per riportare il processo in una condizione di normalità.

## 43\_CARTE DI CONTROLLO SULLE NON CONFORMITÀ

Descrive le carte di controllo, che sono strumenti utilizzati per monitorare la qualità dei prodotti durante un processo produttivo. Si concentra in particolare sulle carte di controllo per i dati di misura, le frazioni di non conformità e il numero di non conformità dei singoli provini.

Inizia con una panoramica delle carte di controllo per i dati di misura, che sono utilizzate per monitorare la variazione di un dato di misura nel tempo. Le carte di controllo per i dati di misura sono costituite da due diagrammi distinti, uno per la media dei dati e uno per la gamma dei dati. Si fornisce un esempio di carta di controllo per i dati di misura, illustrando i diversi elementi della carta.

Si passa quindi alle **carte di controllo per le frazioni di non conformità**, che sono utilizzate per monitorare la proporzione di unità di prodotto non conformi in un campione. Le carte di controllo per le frazioni di non conformità sono basate sulla distribuzione binomiale, che è una distribuzione di probabilità utilizzata per descrivere il numero di successi in un numero fisso di prove indipendenti. Si fornisce un esempio di carta di controllo per le frazioni di non conformità, illustrando i diversi elementi della carta.

Infine, descrive le **carte di controllo** per il numero di non conformità dei singoli provini, che sono utilizzate per monitorare il numero di difetti in un singolo provino. Le carte di controllo per il numero di non conformità dei singoli provini sono basate sulla distribuzione di Poisson, che è una distribuzione di probabilità utilizzata per descrivere il numero di eventi in un intervallo di tempo o in uno spazio determinato. Si fornisce un esempio di carta di controllo per il numero di non conformità dei singoli provini, illustrando i diversi elementi della carta.

Nella bibliografia è indicato un libro del docente "Misure per la gestione" (utile da sapere chi andrà all'orale potrà dire: "come indicato sul testo").

## 44\_L'esame delle carte di controllo

Una guida ai metodi di controllo di processo utilizzando carte di controllo. Inizia con un'introduzione ai concetti di base del controllo di processo e alla formazione dei sottogruppi. Il documento evidenzia l'importanza di definire i sottogruppi come omogenei per individuare con precisione la causa delle variazioni e l'influenza della numerosità dei campioni e della frequenza dei prelievi sulla sensibilità e il costo del processo di controllo.

Si prosegue descrivendo l'esame delle carte di controllo, che coinvolge l'analisi delle sequenze dei punti che rappresentano le misurazioni dei campioni. Si descrive il concetto di **sequenze sopra o sotto la media, sequenze di classe positiva e negativa**, e l'importanza di analizzare la lunghezza e il numero delle sequenze per identificare possibili cause speciali. Sono descritti degli esempi pratici di sequenze anomale che indicano possibili cause speciali.

Ci si concentra quindi sulle carte per **somme cumulate** (CUSUM), una tecnica più sensibile rispetto alle **carte di Shewhart**. Le carte CUSUM tracciano la somma cumulativa delle differenze tra i valori di

misurazione e il valore medio del processo, offrendo una migliore sensibilità nell'individuazione delle cause speciali, soprattutto quando la deviazione dal valore medio è piccola. Poi illustra i vantaggi delle carte CUSUM, come la capacità di identificare le cause speciali che potrebbero non essere evidenti con le **carte di Shewhart**, e la maggiore sensibilità alle piccole deviazioni dal valore medio. Si fa anche un confronto pratico tra le carte CUSUM e le carte di Shewhart, evidenziando la maggiore sensibilità delle carte CUSUM nell'individuare cause speciali che potrebbero non essere rilevate dalle carte di Shewhart.

## 45\_Approccio misuristico alle carte di controllo

Si concentra sull'analisi dell'incertezza di misura e sul suo impatto delle decisioni di controllo qualità. La VDL si articola in tre capitoli, affrontando i seguenti argomenti:

### **\*\*1. Il Sistema di Misura: \*\***

- Si introduce il concetto di incertezza intrinseca ad ogni misura, evidenziando come essa derivi da molteplici fattori e non sia semplicemente una questione di accuratezza dello strumento.
- Viene descritto come l'incertezza può influenzare la valutazione della conformità di un prodotto alle specifiche prefissate, specialmente quando si opera su un lotto di produzione.
- Si mette in evidenza l'importanza di considerare l'influenza dell'errore sistematico, che può generare una distorsione significativa nel giudizio sul lotto.
- Si sottolinea la necessità di ridurre l'incertezza di misura a un livello trascurabile rispetto alla **tolleranza ammessa**, per ottenere dati sperimentali validi.
- Viene illustrato un metodo per determinare il tipo di strumento (analogico o numerico) più appropriato in relazione alla tolleranza, tenendo conto dell'incertezza dovuta alla lettura (strumenti analogici) o alla risoluzione (strumenti numerici).

### **\*\*2. La Stima dell'Incertezza: \*\***

- Viene presentato un esempio di come stimare l'incertezza di misura associata alla lettura di uno strumento numerico, con particolare riferimento all'ultima cifra visualizzata.
- Si illustra la propagazione dell'incertezza nel risultato finale, tenendo conto sia dell'incertezza di misura che della variabilità del processo.
- Si evidenzia come la stima dell'incertezza di misura sia fondamentale per la valutazione della capacità di un processo a produrre prodotti in specifica (process capability).
- Si sottolinea l'importanza di stabilire che il massimo scostamento dovuto all'incertezza di misura sia inferiore al valore di tolleranza ammesso.

### **\*\*3. La Probabilità di Errare: \*\***

- Si osservano le conseguenze dell'incertezza di misura sulle decisioni di controllo qualità, evidenziando come essa possa portare a errori di valutazione, con possibili risultati indesiderati.
- Si introduce il concetto di "**probabilità di errore**" nella valutazione di un processo, definendo le probabilità di commettere errori di tipo " $\alpha$ " (ritenere il processo fuori controllo quando è in controllo) e " $\beta$ " (ritenere il processo in controllo quando è fuori controllo).



- Si evidenzia l'importanza di considerare la distribuzione dei dati misurati, tenendo conto sia della variabilità del processo che dell'incertezza di misura, per una corretta valutazione della probabilità di errore.
- Si illustra un approccio per la scelta del sistema di misura più appropriato in base al rischio di errore desiderato, attraverso l'utilizzo di diagrammi parametrici che esprimono la probabilità di errore in funzione di parametri specifici del processo e del sistema di misura.

## 46\_impostazione delle ipotesi in contesti ingegneristici

*in particolare per l'analisi dei dati sperimentali.*

L'obiettivo è fornire una metodologia sistematica per prendere decisioni basate su dati sperimentali in modo oggettivo e accurato.

L'approccio proposto si basa sul "test delle ipotesi", un metodo statistico che permette di verificare l'ipotesi nulla ( $H_0$ ) contro un'ipotesi alternativa ( $H_a$ ). Il test delle ipotesi si basa su un insieme di fasi ben definite:

1. **\*\*Generalità:\*\*** che riguarda il problema della soggettività nella valutazione dei dati sperimentali e sottolinea l'importanza di definire criteri oggettivi e quantitativi per le decisioni.
2. **\*\*Fasi della procedura statistica:\*\*** Il test delle ipotesi si articola in una serie di fasi cruciali, che comprendono l'impostazione delle ipotesi, la definizione dei rischi di errare, la scelta del criterio di decisione, la gestione della probabilità di accettare una decisione errata, il calcolo della numerosità del campione e l'esecuzione delle prove sperimentali e la decisione finale.
3. **\*\*Impostazione delle ipotesi:\*\*** Si spiega come formulare l'ipotesi nulla ( $H_0$ ) e l'ipotesi alternativa ( $H_a$ ) per verificare la validità di un'ipotesi riguardo a uno o più parametri incogniti di un modello scelto per  $X$ .
4. **\*\*Definizione di test delle ipotesi:\*\*** Si introduce il concetto di "test delle ipotesi" come una regola che permette di decidere se accettare o rifiutare l'ipotesi nulla ( $H_0$ ) basandosi sui dati sperimentali. Si definiscono la "**regione di accettazione**" e la "**regione di rifiuto**" per la decisione.
5. **\*\*Teoria del test delle ipotesi:\*\*** spiega la teoria del test delle ipotesi, sottolineando l'importanza di trovare un test che minimizzi il rischio di errore nella decisione. Si introduce il concetto di "**errore di I tipo**" ( $\alpha$ ), il rischio di rigettare  **$H_0$**  quando è vera, e di "**errore di II tipo**" ( $\beta$ ), il rischio di accettare  **$H_0$**  quando è falsa.
6. **\*\*La probabilità di errare:\*\*** definisce i concetti di "errore di I tipo" ( $\alpha$ ) e "errore di II tipo" ( $\beta$ ) e spiega come questi errori possono influenzare la decisione finale.
7. **\*\*Comparazione ipotesi per la media e per la varianza:\*\*** Illustra l'applicazione del test delle ipotesi per confrontare la media e la varianza di due popolazioni. Vengono presentate le ipotesi nulle e alternative per la media e la varianza.
8. **\*\*Ipotesi unilaterale o bilaterale:\*\*** Il documento distingue tra ipotesi bilaterali, in cui si vuole solo sapere quale delle due popolazioni è più adatta, e ipotesi unilaterali, in cui si vuole decidere se una popolazione è migliore o peggiore di un'altra.
9. **\*\*Confronto con un valore predeterminato:\*\*** Il documento descrive il confronto tra un parametro della popolazione e un valore predeterminato, che può essere un valore di controllo qualità.

## 47\_Definizione del Criterio Formale di Decisione

Tratta il processo decisionale in presenza di eventi aleatori, comunemente riscontrabile nei contesti industriali. Il Prof. affronta il problema della scelta tra accettare o respingere un'ipotesi nulla ( $H_0$ ) in presenza di incertezza, definendo e analizzando i rischi di sbagliare associati a ciascuna decisione.

Introduce i concetti fondamentali di "rischio  $\alpha$ " e "rischio  $\beta$ " che quantificano la probabilità di commettere errori di tipo I (rifiutare  $H_0$  quando è vera) e di tipo II (accettare  $H_0$  quando è falsa), rispettivamente. La scelta di  $\alpha$  e  $\beta$  dipende da un bilanciamento tra il costo dell'errore e la probabilità di prendere una decisione corretta.

Il Doc. Polese analizza il processo di definizione di un criterio formale di decisione, che si basa sulla definizione di una "figura di merito" e sulla scelta di una "statistica di riferimento" per confrontare i valori numerici e determinare se l'ipotesi nulla deve essere accettata o rifiutata.

Introduce la "**regione di rifiuto**" e la "**regione di accettazione**" che determinano la decisione in base al valore della statistica di riferimento rispetto a determinati limiti. L'autore distingue tra test unilaterali e bilaterali, a seconda della posizione della regione di rifiuto.

Infine, si analizza la probabilità di accettare una decisione falsa ( $\beta$ ) in presenza di un difetto sistematico, mostrando come questa probabilità sia legata alla distribuzione della statistica di riferimento e alla regione di accettazione.

## 48\_Collaudo Campionario

È un'introduzione ai concetti di base del collaudo campionario, uno strumento essenziale per la gestione della qualità in ambito industriale.

si apre con una panoramica generale del collaudo campionario, illustrando come questa pratica viene impiegata per determinare l'accettabilità di un lotto di prodotti o processi attraverso l'analisi di un campione rappresentativo. Viene introdotto il concetto di "**probabilità di accettare una decisione falsa**", ovvero la probabilità di accettare un lotto difettoso.

procede poi a spiegare la gestione di questa probabilità attraverso l'introduzione dei concetti di "**caratteristica operativa del test**" e "**potenza del test**". Questi parametri permettono di valutare l'efficacia del collaudo nel discriminare tra lotti accettabili e lotti difettosi.

Un capitolo chiave è dedicato al calcolo della numerosità del campione, ovvero la dimensione del campione necessario per ottenere un test affidabile. Vengono presentate formule e metodologie per determinare la dimensione ottimale del campione in base ai requisiti di precisione e di accuratezza del test.

Affronta poi l'esecuzione delle prove sperimentali e la conseguente decisione di accettazione o rifiuto del lotto. Viene illustrata la logica alla base del processo decisionale, evidenziando come la scelta si basa sul confronto tra i risultati ottenuti con le prove sperimentali e i criteri di accettazione o rifiuto definiti in precedenza.

Nel capitolo dedicato al collaudo campionario, vengono descritte le diverse tipologie di collaudo, sia in base alla natura del prodotto o processo (collaudo per attributi o collaudo per variabili), sia in base alla complessità del processo di campionamento (collaudo semplice o collaudo multiplo). Viene inoltre presentata la differenza tra piani di campionamento con e senza schema di commutazione,

evidenziando come lo schema di commutazione consenta di adattare il metodo di collaudo in base al livello di qualità effettivamente osservato durante le prove.

## 49\_Analisi della media e della varianza

strumenti essenziali per comprendere e gestire i dati in diversi contesti.

L'analisi della media e della varianza è fondamentale per l'analisi di dati in numerosi campi, come la produzione industriale, la valutazione di investimenti, il controllo di qualità e la ricerca scientifica. L'obiettivo è comprendere come la variazione di un fattore o parametro influenzi le prestazioni di un sistema o processo.

### **\*\*Analisi della media (ANOM): \*\***

**L'ANOM** è un metodo utilizzato per analizzare gli effetti di più parametri su una singola variabile. Ad esempio, si può utilizzare l'ANOM per studiare l'effetto di diverse temperature di cottura sull'altezza di un pane. Il processo si basa sulla stima della media generale della variabile e delle medie locali per ogni livello di ciascun parametro. La differenza tra la media locale e la media generale fornisce una misura dell'effetto del parametro.

### **\*\*Analisi della varianza (ANOVA): \*\***

L'ANOVA è uno strumento potente per analizzare la variabilità dei dati, attribuendola a diverse fonti di variazione. La varianza totale dei dati viene scomposta in varianze attribuibili ai parametri di interesse e alla varianza aleatoria. L'ANOVA è particolarmente utile quando si vogliono testare le ipotesi su differenze tra gruppi o le relazioni tra diverse variabili.

### **\*\*Tipi di ANOVA: \*\***

Ci sono tre tipi di ANOVA:

- **\*\*No-way ANOVA: \*\*** Questo metodo è utilizzato per valutare la variabilità dei dati quando non si vogliono analizzare gli effetti di parametri specifici. La varianza totale viene scomposta in varianza dovuta alla media e varianza dovuta all'errore.
- **\*\*One-way ANOVA: \*\*** Questo metodo è utilizzato per analizzare l'effetto di un solo parametro su una variabile. Ad esempio, si può utilizzare la one-way ANOVA per studiare l'effetto di diversi tipi di fertilizzanti sulla resa di un raccolto.
- **\*\*Two-way ANOVA: \*\*** Questo metodo è utilizzato per analizzare l'effetto di due parametri su una variabile. Ad esempio, si può utilizzare la Two-way ANOVA per studiare l'effetto di diversi tipi di fertilizzanti e diverse temperature di irrigazione sulla resa di un raccolto.

### **\*\*Applicazioni: \*\***

L'analisi della media e della varianza è applicabile a diverse situazioni, tra cui:

- **\*\*Controllo di qualità: \*\*** Per monitorare la variabilità di un processo produttivo e identificare le cause di eventuali difetti.
- **\*\*Ricerca scientifica: \*\*** Per analizzare i dati di esperimenti e determinare l'effetto di diversi trattamenti o fattori.
- **\*\*Marketing: \*\*** Per valutare l'efficacia di diverse campagne pubblicitarie e identificare i fattori che influenzano le vendite.

- **\*\*Finanza:** \*\* Per valutare il rischio e il rendimento di diversi investimenti.

## 50 Applicazioni di verifica delle ipotesi

È una introduzione ai test di verifica delle ipotesi, un metodo statistico utilizzato per determinare se esiste una differenza significativa tra due o più gruppi o se esiste una relazione significativa tra due o più variabili.

Inizia con un'introduzione ai concetti di base dei test di verifica delle ipotesi. Viene quindi illustrato il processo di verifica delle ipotesi, che prevede:

1. **Definire l'ipotesi nulla e l'ipotesi alternativa.** L'ipotesi nulla è l'affermazione che si desidera confutare. L'ipotesi alternativa è l'affermazione che si desidera dimostrare.
2. **Scegliere un livello di significatività.** Il livello di significatività è la probabilità di rifiutare l'ipotesi nulla quando è vera. In genere, il livello di significatività è fissato a 0,05, il che significa che c'è una probabilità del 5% di rifiutare l'ipotesi nulla quando è vera.
3. **Calcolare il valore p.** Il valore p è la probabilità di ottenere i risultati osservati o risultati più estremi se l'ipotesi nulla è vera.
4. **Confrontare il valore p con il livello di significatività.** Se il valore p è minore del livello di significatività, si rifiuta l'ipotesi nulla.
5. **Tirare le conclusioni.** Fornisce esempi di test di verifica delle ipotesi in diversi contesti. Ad esempio, il documento spiega come eseguire un test **t** per confrontare le medie di due gruppi. Viene anche mostrato come eseguire un test chi-quadrato per determinare se esiste una relazione significativa tra due variabili categoriali.

Poi sono descritti i concetti di **potenza del test e errore di tipo II**. La **potenza del test** è la probabilità di rifiutare l'ipotesi nulla quando è falsa. L'**errore di tipo II** è la probabilità di accettare l'ipotesi nulla quando è falsa.

Si conclude con una sezione sui software statistici che possono essere utilizzati per eseguire test di verifica delle ipotesi.

Si passa poi ad un esempio pratico di come eseguire un test di verifica delle ipotesi in un contesto aziendale. L'esempio riguarda una ditta produttrice di cavi elettrici che sta cercando di migliorare il suo processo produttivo. Si mostra come utilizzare i test di verifica delle ipotesi per determinare se la modifica al processo produttivo ha avuto un impatto significativo sulla durata dei cavi.

È fornita una sezione sui concetti di potenza del test e errore di tipo II. La potenza del test è la probabilità di rifiutare l'ipotesi nulla quando è falsa. L'errore di tipo II è la probabilità di accettare l'ipotesi nulla quando è falsa.

E poi ci ridescrive dei software statistici che possono essere utilizzati per eseguire test di verifica delle ipotesi.

## 51\_IL RISCHIO ELETTRICO

Una panoramica sui pericoli della corrente elettrica e sulle misure di sicurezza per la protezione dagli incidenti elettrici.

## **\*\*1. Pericolosità della corrente elettrica: \*\***

Inizia descrivendo gli effetti dannosi della corrente elettrica sul corpo umano, tra cui ustioni, tetanizzazione, arresto respiratorio e fibrillazione ventricolare. Questi effetti dipendono dall'intensità della corrente, dal tempo di esposizione, dalla frequenza e dal percorso attraverso il corpo.

## **\*\*2. Contatto diretto e indiretto: \*\***

Il **contatto diretto** si verifica quando una persona entra in contatto con una parte conduttrice sotto tensione. Il **contatto indiretto**, invece, si verifica quando una persona entra in contatto con parti metalliche che vanno in tensione a causa di un guasto nell'isolamento.

## **\*\*3. Analisi circuitale del contatto indiretto: \*\***

Spiega il fenomeno del contatto indiretto tramite un'analisi circuitale. Quando un guasto a massa si verifica, la corrente di fase può fluire attraverso il corpo di una persona in contatto con la massa. La pericolosità dipende dall'impedenza del corpo umano, dalla resistenza dell'impianto di terra e dalle resistenze del sistema di distribuzione.

## **\*\*4. Il collegamento a terra delle masse: \*\***

Per ridurre il rischio di contatto indiretto, è necessario collegare a terra tutte le masse del sistema elettrico. Questo collegamento serve a ridurre la corrente che passa attraverso il corpo umano in caso di guasto.

## **\*\*5. Interruttori automatici: \*\***

Gli interruttori automatici sono dispositivi di sicurezza che interrompono il flusso di corrente in caso di sovraccarico, cortocircuito o guasto a massa. Essi garantiscono la protezione delle persone e dell'impianto elettrico.

## **\*\*6. Tensione di passo: \*\***

Il fenomeno della tensione di passo, che si verifica quando la corrente di guasto fluisce nel terreno. Se una persona si trova in un punto con un potenziale più alto rispetto ad un altro punto, può essere attraversata da una corrente dannosa.

# **52\_Sicurezza dei sistemi elettrici**

Si concentra sulla sicurezza degli impianti elettrici in bassa tensione (BT). Si esplorano le normative che regolano la sicurezza elettrica nei diversi ambiti di applicazione, con particolare attenzione ai sistemi di distribuzione TT, TN e IT.

Inizia con una panoramica dei riferimenti normativi e delle diverse tipologie di impianti elettrici in base alla tensione. Viene introdotto il concetto di **compatibilità elettromagnetica** (EMC) e la necessità di proteggere gli impianti dai fulmini.

La parte centrale della VDL è dedicata all'analisi dei sistemi di distribuzione in BT:

**\*\*\*Sistema TT: \*\*** In questo sistema, il neutro del generatore e le masse sono collegate direttamente a terra tramite due impianti separati. Si evidenzia l'importanza della selettività delle protezioni (amperometrica e cronometrica) per garantire la sicurezza in caso di guasto.

**\*\*Sistema TN:\*\*** Nel sistema TN, il neutro del generatore e le masse sono collegate allo stesso impianto di terra. Questo sistema è spesso utilizzato in impianti industriali con cabine di trasformazione proprie.

**\*\*Sistema IT:\*\*** Il sistema IT prevede un impianto di generazione non collegato a terra e le masse collegate all'impianto di terra dell'utilizzatore. Questo sistema offre una maggiore sicurezza al primo guasto, ma richiede una rapida riparazione in caso di secondo guasto per evitare che l'impianto diventi un sistema TN.

## 53\_L'impianto di terra

Progettazione e l'installazione degli impianti di terra. Si inizia definendo l'impianto di terra come un sistema di elementi metallici che disperde la corrente elettrica nel terreno per proteggere le persone dal pericolo di elettrocuzione.

Descrive poi gli elementi fondamentali di un impianto di terra, tra cui il dispersore, il conduttore di terra, il conduttore di protezione, i collegamenti equipotenziali e il pozzetto di ispezione.

Il dispersore è il punto di contatto tra l'impianto di terra e il terreno. Può essere intenzionale o naturale e deve essere realizzato con elementi metallici appropriati, come picchetti, piastre o corde.

Il conduttore di terra è il collegamento tra il dispersore e il collettore principale di terra. Deve essere realizzato con conduttori in rame o acciaio zincato con sezione adeguata.

Il conduttore di protezione è il collegamento tra il collettore principale di terra e le masse estranee dell'impianto. Deve essere realizzato con conduttori in rame o acciaio zincato con sezione adeguata.

I collegamenti equipotenziali sono collegamenti tra le masse estranee dell'impianto per garantire che siano tutte al potenziale di terra. Devono essere realizzati con conduttori in rame o acciaio zincato con sezione adeguata.

Poi si descrive la **resistenza di terra**, che è la resistenza al passaggio della corrente elettrica dal dispersore al terreno. La resistenza di terra dipende dalla resistività del terreno, dalla dimensione e dalla forma del dispersore e dalla distanza tra il dispersore e il terreno.

Si illustra una tabella delle sezioni minime dei conduttori di terra e dei conduttori di protezione, a seconda del materiale utilizzato, della corrente di guasto e del tempo di intervento del dispositivo di protezione.

Infine, una guida passo-passo per la progettazione e l'installazione degli impianti di terra, che include:

- \* Calcolo della resistenza di terra
- \* Scelta del tipo di dispersore
- \* Scelta del tipo di conduttore di terra
- \* Scelta del tipo di conduttore di protezione
- \* Realizzazione dei collegamenti equipotenziali

## 54\_Prove e misure per la sicurezza elettrica

Tratta i diversi metodi di misurazione e prova utilizzati nel campo della sicurezza elettrica.

### **\*\*Misura della resistenza di terra: \*\***

\* Iniziamo descrivendo la misura della resistenza di terra, un'operazione fondamentale per valutare la protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

\* La misurazione viene eseguita con un generatore di tensione alternata e una sonda di corrente, che iniettano una corrente nel terreno.

\* La resistenza di terra viene calcolata tramite il rapporto tra la tensione misurata tra la sonda di tensione e l'impianto di terra e la corrente iniettata.

\* Una corretta installazione della sonda di tensione serve a garantire la precisione della misura, in quanto la resistenza di terra può variare a seconda della posizione della sonda.

### **\*\*Misure di resistività: \*\***

\* Prosegue con le misure di resistività, un'altra importante misurazione per conoscere la natura del terreno e per valutare la performance degli impianti di terra in caso di infortuni.

\* Le misure di resistività vengono eseguite con lo stesso strumento utilizzato per la misura della resistenza di terra, posizionando le sonde di corrente e tensione a diverse distanze.

\* La resistività viene calcolata tramite una formula che tiene conto della distanza tra le sonde, della tensione e della corrente misurate.

\* Si sottolinea che la resistività è un valore che può variare a seconda della posizione delle sonde e della natura del terreno.

### **\*\*Misura della resistenza complessiva del circuito di guasto a terra: \*\***

\* è una procedura più complessa rispetto alle misure di resistenza di terra e di resistività.

\* In alcuni casi, risulta difficile posizionare una sonda di corrente a una distanza sufficiente dall'impianto di terra per ottenere una misura precisa della resistenza di terra.

\* In questi casi, si misura la resistenza complessiva del circuito di guasto a terra, considerando che la resistenza di terra dell'impianto è solitamente molto maggiore rispetto alla resistenza di terra della cabina di distribuzione.

\* La misurazione della resistenza complessiva del circuito di guasto a terra viene eseguita con uno strumento chiamato "**meter**", che misura la caduta di tensione in un circuito con una resistenza nota.

### **\*\*Misura dell'impedenza dell'anello di guasto: \*\***

\* Un'altra misurazione importante per valutare l'efficacia del sistema di protezione in caso di guasto.

\* L'impedenza dell'anello di guasto può avere componenti induttive o capacitive, il che la rende più complessa rispetto alla semplice resistenza.

\* Sono descritti due metodi per misurare l'impedenza dell'anello di guasto: uno con un alimentatore separato e uno con un circuito di misura integrato in un trasformatore.

\* è importante conoscere l'impedenza dell'anello di guasto per progettare un sistema di protezione efficace.

### **\*\*Prova di funzionamento di interruttori differenziali: \*\***

- \* La prova di funzionamento di interruttori differenziali, dispositivi fondamentali per la protezione dalle correnti di guasto.
- \* Gli interruttori differenziali funzionano rilevando la differenza di corrente tra i conduttori di fase e neutro.
- \* Viene descritto il principio di funzionamento degli interruttori differenziali e i diversi tipi di selettività che possono essere utilizzati: la selettività amperometrica e la selettività cronometrica.
- \* **La selettività amperometrica** è utile quando le correnti di guasto sono molto diverse tra loro, mentre la **selettività cronometrica** è utile quando le correnti di guasto sono simili.
- \* Si evidenzia l'importanza di eseguire prove di funzionamento periodiche degli interruttori differenziali per garantire il corretto funzionamento del sistema di protezione.