



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali
Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccatronica

TESI DI LAUREA

**TEST DI SICUREZZA ELETTRICA
NELL'EQUIPAGGIAMENTO ELETTRICO
DELLE MACCHINE**

Laureando:
Loris Danuso

Relatore:
Prof. Diego Dainese

Correlatore:
Ing. Gabriele Gatti

Anno Accademico 2021-2022

Indice

Introduzione	9
1 Direttive Comunitarie e Marcatura CE	11
1.1 Le direttive europee	11
1.1.1 Le direttive "Nuovo Approccio"	12
1.1.2 Presunzione di conformità e norme armonizzate	13
1.2 Enti di normazione e tipologia di norme europee armonizzate	13
1.3 Differenze Direttive e Norme	15
1.4 Marcatura CE	15
2 Direttiva Macchine	17
2.1 Storia ed evoluzione della Direttiva Macchine	17
2.2 Direttiva Macchine 2006/42/CE	18
2.2.1 Confronto tra la 2006/42/CE e la 98/37/CE	18
2.2.2 Campo di applicazione	19
2.2.3 Definizioni fondamentali	19
2.3 Applicazione della direttiva	22
2.3.1 Immissione sul mercato	22
2.3.2 Macchine nuove ed usate	23
2.4 Marcatura CE	23
2.5 Dichiarazioni	24
2.5.1 Dichiarazione CE di Conformità di una macchina	24
2.5.2 Dichiarazione di Incorporazione di quasi-macchine	25
2.6 Procedura di valutazione	26
2.7 Documentazione	27
2.7.1 Fascicolo tecnico	27
2.7.2 Documentazione tecnica pertinente per le quasi-macchine	28
2.7.3 Manuale delle istruzioni per l'uso	29
2.7.4 Differenze fascicolo tecnico e manuale di istruzione	29
3 RES: Requisiti Essenziali di Sicurezza	31
3.1 Legame tra le norme armonizzate e RES	31
3.2 Le verifiche di conformità: liste di controllo	32
4 Norma EN 60204-1 (2018)	35
4.1 Introduzione	35
4.2 Campo di applicazione	36

4.3	Definizioni	37
4.4	Il sezionamento	38
4.4.1	Confine tra macchina e l'impianto elettrico	38
4.4.2	Il dispositivo di sezionamento generale	39
5	Le verifiche dell'equipaggiamento elettrico	41
5.1	Introduzione	41
5.2	Strumentazione per le prove di sicurezza elettrica	42
5.3	Verifica che l'equipaggiamento elettrico sia conforme alla documentazione	43
5.4	Verifica delle condizioni per la protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione	44
5.4.1	Verifica dell'impedenza dell'anello di guasto e idoneità del corrispondente dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.	45
5.5	Elaborazione di procedure di prova con strumentazione del laboratorio	46
5.5.1	Verifica di continuità del circuito equipotenziale di protezione	46
5.5.2	Prove di resistenza dell'isolamento	50
5.5.3	Prove di tensione (Rigidità Dielettrica)	53
5.6	Protezione contro le tensioni residue	56
5.6.1	Descrizione e svolgimento della prova	56
5.7	Prove funzionali	57
5.8	Esempio di test report	57
	Conclusioni	63
A	La valutazione del rischio	65
A.1	Il rapporto tecnico ISO TR 14121	66
A.2	Stima del rischio	67
	Bibliografia	69

Elenco delle figure

1.1	Classificazione delle norme europee armonizzate relative alle macchine	14
1.2	Marcatura Atex	15
1.3	Marchio CE e numero di identificazione organismo notificato	16
2.1	Esempi di quasi-macchina	21
2.2	Simbolo grafico della marcatura CE.	24
4.1	Dalla norma IEC 60204-1 (2016) alla norma EN 60204-1 (2018), fino alla CEI EN 60204-1 (2018)	35
4.2	Conduttore o nodo principale di terra	38
4.3	Interruttori di manovra-sezionatori impiegati per: a) soltanto come dispositivo di sezionamento generale della macchina, b) sezionamento generale e arresto di emergenza	39
5.1	Strumento HT4050 Full Test	42
5.2	Macchina per lappatura	46
5.3	Cavo utilizzato in laboratorio per la misura di resistenza a 2 fili . .	48
5.4	Cavo utilizzato in laboratorio per la misura di resistenza a 4 fili . .	49
5.5	Collegamenti cavi per il test di continuità	50
5.6	Collegamenti cavi allo strumento e display del test di continuità . .	50
5.7	Collegamenti cavi per il test di resistenza di isolamento	51
5.8	Collegamento cavi e display test di resistenza di isolamento	52
5.9	Conduttori di fase e neutro interconnessi tra loro	52
5.10	Scollegamento elementi sensibili al test di tensione	53
5.11	Collegamenti cavi e sezionamento dell'alimentazione per il test di tensione applicata	54
5.12	Pistola AT utilizzata in laboratorio	55
5.13	Collegamento cavi allo strumento e display della prova di tensione applicata	55
5.14	Collegamenti cavi su macchina e strumento per il test di tensione residua	56
5.15	Esempio test report riguardante le prove funzionali	57
5.16	Test report di una macchina per lappatura	62
A.1	Schema semplificato del procedimento da utilizzare per la valutazione del rischio	66

Elenco delle tabelle

1.1	Organismi di normazione nazionali e internazionali	13
1.2	Differenze direttive e norme	15
2.1	Procedura per le macchine e quasi-macchine	27
3.1	Legame RES e norme tecniche armonizzate	32
3.2	Esempio di lista utilizzabile per la verifica della completezza dell'applicazione essenziali di sicurezza della parte I, dell'allegato, della Direttiva Macchine	33
4.1	Esempi di corrispondenza tra la norma EN 60204-1 e l'allegato I della Direttiva 2006/42/CE	36
5.1	Quesito n.10 della tabella dell'allegato B	43
5.2	Durate interruzioni massime	44
5.3	Descrizione Prova 2 e riferimenti a EN 60204-1	45
5.4	Resistenza massima in funzione della sezione del conduttore di protezione	48

Introduzione

La seguente tesi ha lo scopo di illustrare le verifiche e prove dell'equipaggiamento elettrico delle macchine richieste dalla norma *EN 60204-1: Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine. Parte 1: Regole Generali*. Per verifica si intende l'insieme di operazioni mediante le quali si vuole comprovare la rispondenza della macchina alla norma. Le macchine incluse nel campo di applicazione della EN 60204-1, per poter essere immesse sul mercato, devono essere sottoposti a specifici test di sicurezza.

In particolare, la verifica di continuità del circuito equipotenziale di protezione, test sempre obbligatorio, riveste un ruolo di fondamentale importanza. Questa prova è volta a verificare la funzionalità dei collegamenti di protezione che si occupano di evitare che una persona possa rimanere folgorata a causa di un guasto sulla macchina. Infatti se non sono presenti collegamenti di protezione o sono scarsamente efficienti un "banalissimo" guasto può provocare la morte di una persona che accidentalmente viene a contatto con una parte metallica della macchina.

Inoltre viene affrontato l'argomento Direttiva Macchine, importante per stabilire i requisiti essenziali di sicurezza e di salute, ai quali devono rispondere le macchine in occasione della loro progettazione, fabbricazione e del loro funzionamento, prima della loro immissione sul mercato Europeo.

La tesi è organizzata in 5 capitoli:

- Nel *Capitolo 1* vengono introdotti i concetti di direttive e norme europee e gli aspetti legati alla marcatura CE;
- Nel *Capitolo 2* viene illustrata la Direttiva Macchine nel dettaglio, partendo dalla storia fino agli aspetti documentali ovvero il manuale di istruzione, elemento di fondamentale importanza per il corretto e sicuro uso della macchina, ed il fascicolo tecnico, che il fabbricante deve costituire e gestire in azienda, al fine di dimostrare la corretta applicazione dei requisiti essenziali di sicurezza della Direttiva Macchine;
- Il *Capitolo 3* riguarda l'allegato I della Direttiva Macchine, ovvero i RESS (Requisiti Essenziali di Sicurezza e Salute);
- il *Capitolo 4* introduce la norma EN 60204:1 del 2018 e in particolare il campo di applicazione e il confine tra macchina e impianto elettrico;
- Nel *Capitolo 5* vengono spiegate le verifiche dell'equipaggiamento elettrico della macchina e per alcune prove viene descritto l'iter di verifica in Situ applicato ad un caso pratico.

La tipologia di tesi ha previsto uno stage durante tutto il mese di febbraio 2022 presso l'azienda S.T.A. srl. STAlab è un laboratorio di misure, nato nel 1995 in cui si eseguono prove e misure in vari settori (ad es. macchine e linee di produzione, apparecchiature elettriche ed elettroniche, elettrodomestici) per la verifica dell'adempimento alle direttive:

- Direttiva Macchine 2006/42/CE
- Direttiva EMC 2014/30/UE
- Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE
- Direttiva RED 2014/53/UE
- Direttiva Rumore 2000/14/CE
- RoHS-2 2011/65/EU

Dopo un primo periodo, durante il quale sono stato introdotto alla Direttiva Macchine e alla norma EN 60204-1, ho avuto l'opportunità di assistere e collaborare con i tecnici in un paio di giornate di trasferta.

Le attività nelle quali sono stato inserito sono state quelle di verifiche dell'equipaggiamento elettrico e la relativa stesura del test report di una macchina, effettuate durante una giornata di trasferta in un'azienda in provincia di Verona.

Capitolo 1

Direttive Comunitarie e Marcatura CE

1.1 Le direttive europee

La libera circolazione delle merci, nella piena tutela della sicurezza e salute delle persone, è uno dei principi cardine su cui si fonda la costituzione del mercato unico europeo.

Il raggiungimento di questo obiettivo avviene tramite normative che regolamentano aspetti diversi a seconda del tipo di prodotto e dell'ambito in cui viene usato. Tali leggi prendono nome di Direttive e pongono dei limiti che costringono il costruttore a considerare già in fase di progettazione l'idoneità del proprio prodotto nell'ambiente in cui lo si vuole far operare e alla sicurezza dell'utente.

Una direttiva è un atto legislativo che stabilisce un obiettivo che tutti i paesi dell'UE devono realizzare. Tuttavia, spetta ai singoli paesi definire attraverso disposizioni nazionali come tali obiettivi vadano raggiunti.

È un documento suddiviso in articoli ed allegati, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea.

Le direttive comunitarie si suddividono in:

- **Direttiva prodotto**, che definisce i requisiti essenziali a cui i prodotti devono rispondere per poter liberamente circolare nel mercato europeo. La responsabilità è assegnata al costruttore del prodotto.
- **Direttiva sociale**, che tratta aspetti di interesse generale e di grande rilevanza generale (ad esempio: direttive sulla sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, direttive sulla responsabilità per danno da prodotto difettoso, ecc.). La responsabilità ricade nel datore di lavoro.

Un requisito essenziale è un requisito al quale il prodotto deve obbligatoriamente essere conforme. Può riguardare la sicurezza dei prodotti, delle persone, degli animali, la salute e tutela dell'utilizzatore o di terzi, la tutela dell'ambiente o del consumatore, ecc.

Nel caso di una macchina le direttive fondamentali di riferimento sono:¹

- la Direttiva Macchine (Direttiva 2006/42/CE);
- la Direttiva EMC (Direttiva sulla compatibilità elettromagnetica 2014/30/UE);
- la Direttiva LVD (Direttiva bassa tensione 2014/35/UE).²

Non sempre le direttive sono totalmente chiare; possono esserci dei prodotti nei quali risulta difficile scegliere la direttiva da applicare ad esso.

Per questo esistono delle linee guida emesse dall'UE. Sono documenti non vincolanti volti ad agevolare l'applicazione delle direttive europee al prodotto in questione.

1.1.1 Le direttive "Nuovo Approccio"

Il cosiddetto "Vecchio Approccio", in vigore fino al Maggio 1985, prevedeva un "approccio per prodotto", secondo il quale ogni Nazione fissava in modo autonomo i vincoli che le apparecchiature dovevano rispettare se operavano nel loro territorio. Di conseguenza, poteva verificarsi che il medesimo prodotto, potenzialmente pericoloso per gli utilizzatori o dannoso per l'ambiente, fosse ritenuto sicuro in un Paese perché conforme ai requisiti tecnici richiesti, contrariamente al giudizio di un altro. Questo tipo di regolamentazione andava a danneggiare il libero mercato della Comunità, infatti, un qualsiasi prodotto doveva rispettare sia le leggi dello stato produttore, sia quelle dell'eventuale stato in cui si voleva esportarlo.

Il costruttore doveva, quindi, conoscere a priori la nazione dove intendeva mettere in vendita il suo prodotto, altrimenti adeguare le sue caratteristiche a quel particolare mercato comportava un aumento dei costi.

Per ovviare a tali inconvenienti nel 1985 la Comunità ha proposto un nuovo modo di procedere, che prende il nome di "Nuovo Approccio", in cui nelle direttive sono indicate in forma qualitativa, e non quantitativa, gli aspetti che regolano l'immissione dei prodotti nel mercato europeo. In sostanza, i prodotti oggetto della direttiva devono rispettare determinati requisiti senza, però, l'obbligo di seguire una determinata strada per conseguirli (obbligo di risultato e non di mezzo).

L'obiettivo delle Direttive Nuovo Approccio è quello di realizzare il Mercato Unico, regolando l'immissione di prodotti nel mercato della Comunità Europea e garantendo la libera circolazione di persone, merci, capitali e servizi nel rispetto di:

- salute e sicurezza dei lavoratori;
- sicurezza e protezione dell'ambiente;
- sicurezza e protezione dei consumatori.

¹In casi particolari, una macchina può essere soggetta anche ad altre direttive europee. Ad esempio, le macchine destinate ad essere utilizzate in zone con pericolo di esplosione sono soggette alla direttiva Atex 2014/34/UE.

²L'acronimo CEE sta per Comunità Economica Europea, sostituito da CE (Comunità Europea) dopo il trattato di Maastricht (1992); e successivamente da UE (Unione Europea) a seguito del trattato di Lisbona (2007).

1.1.2 Presunzione di conformità e norme armonizzate

Il costruttore che realizza un prodotto e vuole metterlo nel mercato dell'Unione europea ha l'obbligo di dichiarare che questo sia conforme a particolari requisiti essenziali.

Per verificare la conformità del prodotto, esistono due metodi:

1. Il fabbricante può applicare le cosiddette **norme armonizzate**. La norma non è vincolante, cioè non è obbligatoria in senso stretto. I prodotti fabbricati nel rispetto di tali norme godono di una **presunzione di conformità** ai corrispondenti requisiti essenziali. Questo significa che il fabbricante non dovrà giustificare le soluzioni adottate per rispondere ai requisiti essenziali di sicurezza.
2. Il costruttore può applicare anche altre norme o specifiche tecniche nella progettazione della suo prodotto, però dovrà dimostrare, nella documentazione tecnica, la validità delle soluzioni adottate e il raggiungimento dei requisiti essenziali applicabili al prodotto specifico.

1.2 Enti di normazione e tipologia di norme europee armonizzate

Le norme armonizzate sono specifiche tecniche dettagliate adottate da enti di normazione, ossia comitati tecnici, specializzati in alcuni ambiti di competenza, ovvero il CEN (Comitato Europeo di Normalizzazione), il CENELEC (Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica), l'ETSI (Istituto Europeo per le norme di telecomunicazione) e sono pubblicate nella Gazzetta ufficiale delle Comunità europee.³

Tali norme sono identificate con il prefisso "EN" e seguite da un numero ed anno di adozione.

In Italia vi sono due organismi di normazione:

- CEI (Comitato Elettronico Italiano)
- UNI (Ente Italiano di Unificazione)

La tabella 1.1 mostra quali sono gli enti di normazione in diversi settori a livello nazionale e internazionale.

Tabella 1.1: Organismi di normazione nazionali e internazionali

	Settore elettrotecnico	Settore telecomunicazioni	Altri settori
Livello mondiale	IEC	ITUTS	ISO
Livello europeo	CENELEC	ETSI	CEN
Livello italiano	CEI	CONCIT	UNI

³Articolo 2, lettera 1) della Direttiva Macchine 2006/42/CE.

Nel settore della Direttiva Macchine le norme armonizzate sono suddivise nei seguenti livelli:

- *Norme di tipo A* (norme generali di sicurezza): contengono i concetti fondamentali, i principi di progettazione e gli aspetti generali applicabili a tutte le macchine.
- *Norme di tipo B* (norme di sicurezza comuni a gruppi di macchine): trattano un aspetto della sicurezza applicabile a numerosi tipi di macchine. Le norme di tipo B a loro volta si dividono in:
 - norme di tipo B1, che riguardano aspetti particolari della sicurezza (es. distanze di sicurezza, temperatura delle superfici, rumore, equipaggiamenti elettrici, ecc.);⁴
 - norme di tipo B2, che riguardano i ripari o i dispositivi di sicurezza (es. ripari, dispositivi di interblocco, comandi a due mani, ecc.);
- *Norme di tipo C* (norme di sicurezza per macchine o gruppi di macchine specifiche): contengono i requisiti di dettaglio per una macchina o per un gruppo di macchine particolari.

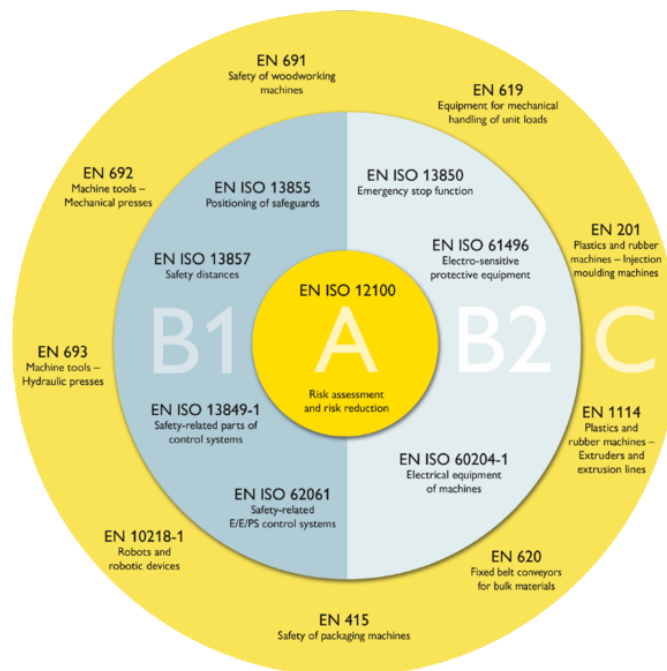


Figura 1.1: Classificazione delle norme europee armonizzate relative alle macchine

⁴La norma EN 60204-1 "Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine - Parte 1: Regole generali" è un esempio di norma di tipo B1

1.3 Differenze Direttive e Norme

Le principali differenze tra direttive e norme sono riassunte in tabella 1.2

Tabella 1.2: Differenze direttive e norme

	APPLICAZIONE	DEFINIZIONE
DIRETTIVE	Obbligatorie (sono leggi)	-Definiscono gli obiettivi da raggiungere -Definiscono regole comuni riconosciute in tutti gli stati dell'unione UE -Vengono recepite con Decreti legislativi o Decreti presidenziali nazionali
NORME	Facoltative	-Definiscono i mezzi e le vie per raggiungere gli obiettivi richiesti dalle direttive

Non è sanzionabile non aver rispettato le norme ma è sanzionabile non aver rispettato i requisiti di sicurezza alle direttive applicabili.

1.4 Marcatura CE

La marcatura CE (Conformità Europea) è un simbolo grafico che attesta la conformità alle direttive comunitarie applicabili al prodotto. Ha lo scopo di:

1. Segnalare ai consumatori o agli utilizzatori che il prodotto risponde ai requisiti essenziali;
2. Garantire la libera circolazione dei prodotti nel mercato EU.

Non tutte le direttive "nuovo approccio" prevedono l'apposizione della marcatura CE:

- alcune direttive prevedono l'obbligo di marcatura CE
- altre prevedono l'obbligo di una marcatura specifica (ruota del timone per le attrezzature marittime; logo Ex, in figura 1.2, per apparecchiature per ambienti a rischio di esplosione)
- altre non prevedono alcun tipo di normativa.



Figura 1.2: Marcatura ATEX

La marcatura CE è apposta solitamente in regime di "autocertificazione", ovvero la dichiarazione di conformità redatta e firmata dallo stesso fabbricante. Con la dichiarazione di conformità, il fabbricante dichiara di aver verificato la conformità del prodotto con quanto previsto dalla direttiva.

Nel caso di prodotti molto pericolosi è necessario coinvolgere un organismo notificato, il quale rilascia un Certificato CE di tipo dopo aver svolto le prove all'interno di un laboratorio accreditato.

- Un organismo notificato è un Organismo di certificazione o Ente di certificazione o Laboratorio di prova autorizzato dall'Autorità Governativa Nazionale e notificato alla Commissione Europea, per attuare i compiti legati alla applicazione delle procedure europee di conformità di prodotti e servizi ad operare sulle Direttive Europee. È responsabile per l'emissione di certificati di esame CE;
- Un laboratorio accreditato è un laboratorio qualificato a svolgere prove e tarature in cui vengono garantite l'adeguatezza ed accuratezza delle misure che vengono eseguite grazie all'impiego di strumentazione "tarata". L'accREDITAMENTO viene conseguito per ogni prova o taratura a seguito del superamento di una visita ispettiva da parte da parte dell'organismo competente, in cui viene verificato che siano stati soddisfatti i requisiti della norma.

Sono le direttive che stabiliscono se la procedura di valutazione di conformità deve essere effettuata dal fabbricante (autocertificazione) oppure da un organismo notificato. È comunque, il fabbricante che dovrà produrre la dichiarazione CE di conformità.

Se occorre coinvolgere un organismo notificato, il marchio CE deve essere accompagnato dal numero di identificazione dell'organismo, come in figura 1.3.

CE0470

Figura 1.3: Marchio CE e numero di identificazione organismo notificato

Capitolo 2

Direttiva Macchine

2.1 Storia ed evoluzione della Direttiva Macchine

In ordine temporale, la prima ad essere pubblicata è stata la direttiva base 89/392/CEE ed entrata in vigore il 1° gennaio 1995 in tutta Europa, che copriva un vasta tipologia di macchine, principalmente di tipo fisso e portatile.

Fino a questa data era pertanto possibile commercializzare macchine rispondenti alle regolamentazioni nazionali in vigore al 31/12/1992 (es. in Italia: DPR 547/55).

In Italia, il recepimento della direttiva è stato effettuato con il DPR 24 luglio 1994, n.459, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 6 settembre 1996 ed entrato in vigore il 21 settembre 1996.

Successivamente è stata integrata da direttive diverse:

- *La direttiva 91/368/CEE*, che ha esteso il campo di applicazione della Direttiva Macchine alle attrezzature intercambiabili, macchinari in movimento e macchine per il sollevamento (esclusi persone);
- *La direttiva 93/44/CEE*, che ha esteso il campo di applicazione della Direttiva Macchine a:
 - componenti di sicurezza;
 - macchine destinate al sollevamento;
 - circolazione delle persone;
- *La direttiva 93/68/CEE*, ha introdotto disposizioni armonizzate in materia di marcatura "CE".

Una seconda pubblicazione della Direttiva Macchine è avvenuta nel 1998 come direttiva 98/37/CE, la quale è la versione codificata della direttiva 89/392/CEE.

La terza pubblicazione della Direttiva Macchine ha avuto luogo nel 2006, denominata nuova direttiva 2006/42/CE.

Il 17 maggio 2006 il Parlamento Europeo di Strasburgo ha approvato la Direttiva Macchine 2006/42/CE destinata a sostituire definitivamente la preesistente Direttiva Macchine 98/37/CE, a partire dal 29 dicembre 2009.

Da tale data, come scritto nell'articolo 25 della Direttiva Macchine 2006/42/CE, la "Direttiva Macchine 98/37/CE" è da considerarsi abrogata.

La direttiva è stata recepita in Italia con il D.Lgs 17/2010 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 19 febbraio 2010 ed entrato in vigore il 6 marzo 2010.¹

2.2 Direttiva Macchine 2006/42/CE

La Direttiva Macchine 2006/42/CE è una direttiva prodotta, composta da 30 "considerando", 29 articoli e 12 allegati, che regolamenta la fabbricazione, l'immissione nel mercato e la messa in servizio delle macchine. La Direttiva Macchine stabilisce una serie di requisiti essenziali di sicurezza (R.E.S.) che devono essere assicurati per ogni tipo di macchina.

2.2.1 Confronto tra la 2006/42/CE e la 98/37/CE

Il primo considerando della direttiva 2006/42/CE afferma che questa versione non è del tutto nuova, ma si basa sulla 98/37/CE, che a sua volta ha codificato la Direttiva Macchine 89/392/CEE. Tra le principali novità della nuova Direttiva Macchine 2006/42/CE ricordiamo:

- **L'uniformazione con la Direttiva Ascensori (95/16/CE) per quanto riguarda le macchine destinate al sollevamento delle persone²**
- **Il Confine con la Direttiva Bassa Tensione**
 - Viene chiarito il confine con la Direttiva Bassa Tensione. La distinzione non verrà più fatta sulla base del "rischio principale";
 - La nuova Direttiva Macchine elenca 6 categorie di macchine elettriche soggette alla Direttiva Bassa Tensione - per altre macchine elettriche, gli obiettivi di sicurezza della Direttiva Bassa Tensione si applicano per i rischi elettrici, ma gli obblighi riguardanti le dichiarazioni di conformità e la messa sul mercato sono governati dalla Direttiva Macchine.
- **Il concetto di quasi-macchina**
- **La regolamentazione dei componenti di sicurezza**
- **Dichiarazione CE**

La nuova direttiva prevede 2 tipi di dichiarazione:

 - *dichiarazione CE di conformità alla Direttiva* per le macchine;
 - *dichiarazione d'incorporazione* per le quasi-macchine.
- **Marcatura CE**

¹Articolo 28 della Direttiva Macchine 2006/42/CE

²Le modifiche sono riportate nell'articolo 24 della Direttiva Macchine 2006/42/CE.

2.2.2 Campo di applicazione

"La presente direttiva si applica ai seguenti prodotti:

- a) macchine;
- b) attrezzature intercambiabili;
- c) componenti di sicurezza;
- d) accessori di sollevamento;
- e) catene, funi e cinghie;
- f) dispositivi amovibili di trasmissione meccanica;
- g) quasi-macchine.³

L'articolo 1, paragrafo 2, della Direttiva Macchine riguarda anche le esclusioni dal campo di applicazione della presente direttiva, quali ad esempio: armi, trattori agricoli, mezzi di trasporto per via aerea, per via navigabile o su rete ferroviaria, elettrodomestici.

2.2.3 Definizioni fondamentali

Nell'articolo 2 della direttiva 2006/42/CE sono riportate le definizioni complete per comprendere al meglio la direttiva. Le principali sono:

- a) «macchina»: *insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata.*⁴

La macchina deve essere destinata ad un'applicazione ben determinata, ovvero deve essere di per sé in grado di svolgere una funzione specifica; ciò esclude l'applicazione della direttiva alle macchine non complete ed alle parti di macchina o ai componenti in genere per i quali è configurabile unicamente una funzione generica.

Per macchine si intendono anche quelle non ancora collegate o installate (ad esempio una gru da montare su un autocarro è da considerare a tutti gli effetti come una macchina).

- b) «attrezzatura intercambiabile»: *Dispositivo che, dopo la messa in servizio di una macchina o di un trattore, è assemblato alla macchina o al trattore dall'operatore stesso al fine di modificarne la funzione o apportare una nuova funzione, nella misura in cui tale attrezzatura non è un utensile.*

Sono quelle attrezzature reperibili sul mercato, che modificano la funzione di una macchina e possono essere acquistate dall'utilizzatore e montate sulle macchine in suo possesso direttamente dall'operatore. Caso tipico sono

³Articolo 1, paragrafo 1 della Direttiva Macchine 2006/42/19

⁴Definizione in senso stretto di macchina riportata nell'articolo 2 della Direttiva Macchine 2006/42/CE

le attrezzature previste per macchine mobili e quelle per alcune macchine operatrici.

- c) «componente di sicurezza»: *componente destinato ad espletare una funzione di sicurezza, immesso sul mercato separatamente, il cui guasto e/o malfunzionamento, mette a repentaglio la sicurezza delle persone, e che non è indispensabile per lo scopo per cui è stata progettata la macchina o che per tale funzione può essere sostituito con altri componenti.*

Il componente deve essere espressamente dichiarato dal fabbricante con lo scopo di svolgere una funzione specifica di sicurezza. Ovvero, il suo guasto o cattivo funzionamento può pregiudicare la sicurezza o la salute delle persone esposte. Per questi dispositivi è richiesto un'affidabilità elevata, ovvero un tasso di guasto bassissimo.

Sono quei componenti che pur non rientrando nella definizione di macchina, sono sottoposti alla certificazione prevista dalla Direttiva Macchine.

Un elenco dei componenti di sicurezza è contenuto nell'allegato V della Direttiva Macchine.

- g) «quasi-macchine»: *insiemi che costituiscono quasi una macchina, ma che, da soli, non sono in grado di garantire un'applicazione ben determinata. Un sistema di azionamento è una quasi-macchina. Le quasi-macchine sono unicamente destinate ad essere incorporate o assemblate ad altre macchine o ad altre quasi-macchine o apparecchi per costituire una macchina disciplinata dalla presente direttiva.*

Nell'attuale Direttiva Macchine è stato introdotto il concetto di quasi-macchine. L'espressione "*insiemi che costituiscono quasi una macchina*" significa che la quasi-macchina è un prodotto simile alla macchina, vale a dire un insieme costituito da parti o componenti collegati di cui almeno uno mobile, ma che manca di alcuni elementi necessari per svolgere un'applicazione ben determinata.

Pertanto, la quasi-macchina deve essere sottoposta a un'ulteriore fase di costruzione per diventare la macchina finale che possa assolvere alla propria applicazione specifica.

Ne è un esempio un motore elettrico, oppure un robot antropomorfo: da solo non ha uno scopo ben definito, ma se completato e/o inserito in una macchina diventa parte integrante nel raggiungimento di uno specifico scopo.

Un altro esempio è una centralina oleodinamica: da sola non serve a nulla, ma diviene parte dell'azionamento della macchina.

In ogni caso spetta al fabbricante tale classificazione. In figura 2.1 è riportato un esempio di quasi-macchina.



Figura 2.1: Esempi di quasi-macchina

Le macchine che garantiscono un'applicazione ben determinata ma che mancano soltanto dei mezzi di protezione o dei componenti di sicurezza necessari **non vanno considerate quasi-macchine.**

- h) «immissione sul mercato»: *prima messa a disposizione, all'interno della Comunità, a titolo oneroso o gratuito, di una macchina o di una quasi-macchina a fini di distribuzione o di utilizzazione.*

L'immissione sul mercato dell'Unione Europea può essere effettuata dal produttore stesso, o da un mandatario stabilito nell'Unione Europea, o dall'importatore del prodotto.

- i) «fabbricante»: *persona fisica o giuridica che progetta e/o realizza una macchina o quasi-macchina oggetto della presente direttiva, ed è responsabile della conformità della macchina o della quasi-macchina con la presente direttiva ai fini dell'immissione sul mercato con il proprio nome o con il proprio marchio ovvero per uso personale. In mancanza di un fabbricante quale definito sopra, è considerato fabbricante la persona fisica o giuridica che immette sul mercato o mette in servizio una macchina o una "quasi-macchina" oggetto della presente direttiva.*

- j) «mandatario»: *qualsiasi persona fisica o giuridica stabilita all'interno della Comunità che abbia ricevuto mandato scritto dal fabbricante per eseguire a suo nome, in toto o in parte, gli obblighi e le formalità connesse con la presente direttiva.*

Es.mandato per la traduzione

- k) «messa in servizio»: *primo utilizzo, conforme alla sua destinazione, all'interno della Comunità, di una macchina oggetto della presente direttiva.*

2.3 Applicazione della direttiva

La Direttiva Macchine è una direttiva europea e pertanto si applica alle macchine immesse sul mercato europeo.

Essa non si applica ai prodotti fabbricati nell'UE in vista dell'immissione sul mercato o della messa in servizio in paesi extra-UE, infatti queste dovranno obbligatoriamente rispettare le prescrizioni legislative vigenti in quello Stato.

2.3.1 Immissione sul mercato

L'articolo 5, paragrafo 1, elenca gli obblighi che i fabbricanti di macchine devono soddisfare prima di immettere sul mercato o mettere in servizio una macchina o quasi-macchina.

- Immissione sul mercato di una macchina:

1. *Il fabbricante o il suo mandatario, prima di immettere sul mercato e/o mettere in servizio una macchina:*

- a) si accerta che soddisfi i pertinenti requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute indicati dall'allegato I;*
- b) si accerta che il fascicolo tecnico di cui all'allegato VII, parte A, sia disponibile;*
- c) fornisce in particolare le informazioni necessarie, quali ad esempio le istruzioni;*
- d) espleta le appropriate procedure di valutazione della conformità ai sensi dell'articolo 12;*
- e) redige la dichiarazione CE di conformità ai sensi dell'allegato II, parte 1, sezione A, e si accerta che accompagni la macchina;*
- f) appone la marcatura "CE" ai sensi dell'articolo 16.*

- L'immissione sul mercato di una quasi-macchina:

Il fabbricante o il suo mandatario, prima di immettere sul mercato una quasi-macchina, si accerta che sia stata espletata la procedura di cui all'articolo 13.

1. *Il fabbricante di una quasi-macchina, o il suo mandatario, prima dell'immissione sul mercato, si accertano che:*

- a) sia preparata la pertinente documentazione di cui all'allegato VII, parte B;*
- b) siano preparate le istruzioni per l'assemblaggio di cui all'allegato VI;*
- c) sia stata redatta la dichiarazione di incorporazione di cui all'allegato II, parte 1, sezione B.*

2. *Le istruzioni per l'assemblaggio e la dichiarazione di incorporazione accompagnano la quasi-macchina fino all'incorporazione e fanno parte del fascicolo tecnico della macchina finale.*

N.B. Una quasi-macchina non è marcata CE.

2.3.2 Macchine nuove ed usate

La Direttiva Macchine si applica a tutte le macchine nuove al momento della prima immissione sul mercato e messa in servizio nell'Unione Europea, sia che queste siano fabbricate all'interno della Comunità o al di fuori della Comunità.

Per le macchine usate il concetto è diverso. La Direttiva Macchine non si pone il problema di definire se una macchina è usata o meno, ma fa riferimento ai concetti di "immissione sul mercato" e di "messa in servizio".

In generale, la Direttiva Macchine non si applica all'immissione sul mercato di macchine usate o di seconda mano. Però esistono delle eccezioni a questa regola, in particolare, la Direttiva 2006/42/CE si applica:

- alle macchine usate in un paese extra UE, poi successivamente immesse sul mercato o messe in servizio per la prima volta nella Comunità⁵;
- alle macchine usate ma che sono state trasformate o ricostruite in modo così sostanziale da poter essere considerate nuove.

Le macchine già in uso sul territorio europeo prima dell'entrata in vigore della prima Direttiva Macchine (in Italia nel 1996) devono essere sottoposte ad una procedura per verificare che rispondano ai Requisiti Minimi di Sicurezza, riportati nell'allegato V del D.Lgs 81/08.⁶

2.4 Marcatura CE

L'articolo 16 e l'allegato III della Direttiva Macchine riguardano la marcatura CE, e in particolare:

- È riconosciuta come l'unica marcatura che garantisce la conformità della macchina ai requisiti della presente direttiva;⁷
- La marcatura CE è obbligatoria e deve essere apposta prima che i prodotti ad essa soggetti siano commercializzati e messi in servizio sul mercato europeo;
- È vietato apporre sulle macchine marcature, segni e iscrizioni che possano indurre in errore i terzi circa il significato o il simbolo grafico, o entrambi, della marcatura «CE». Sulle macchine può essere apposta ogni altra marcatura, purché questa non comprometta la visibilità, la leggibilità ed il significato della marcatura «CE».
- Le lettere C e E devono avere esattamente la stessa dimensione verticale, che non può essere inferiore a 5 mm (non è fissato alcun limite superiore);
- La marcatura CE deve avere la forma indicata in fig. 2.2. Se la marcatura CE viene rimpicciolita o ingrandita è comunque necessario rispettare le proporzioni;

⁵Le macchine che sono state immesse per la prima volta sul mercato in paesi che successivamente hanno aderito all'Unione europea sono considerate immesse sul mercato dell'UE.

⁶Rappresenta un testo unico, contenente norme in materia di salute e sicurezza sul lavoro

⁷Considerando 21 della Direttiva Macchine.

- La marcatura CE deve essere apposta in maniera visibile, leggibile e indelebile sul prodotto o sulla relativa targhetta. Se ciò non fosse possibile o giustificato per la natura del prodotto deve essere apposta sull'eventuale imballaggio e documenti che accompagnano il prodotto.
- Sulle macchine elencate nell'allegato IV (adibite cioè all'uso in situazioni pericolose) bisogna mostrare nella marcatura CE anche il numero identificativo dell'organismo notificato interpellato.

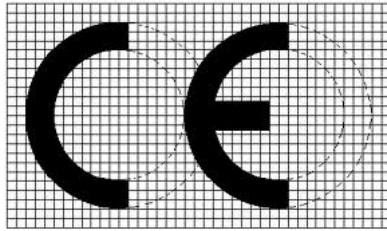


Figura 2.2: Simbolo grafico della marcatura CE.

Nell'articolo 17 della Direttiva Macchina viene descritto quando la marcatura CE è considerata non conforme.

2.5 Dichiarazioni

2.5.1 Dichiarazione CE di Conformità di una macchina

Ogni prodotto soggetto alla Direttiva Macchine deve essere accompagnato da una Dichiarazione CE di conformità rilasciata dal fabbricante o dal suo mandatario. Senza questo documento non sarebbe possibile né la vendita né la circolazione della macchina, nemmeno nello stesso paese di origine del prodotto.

È un documento ufficiale in cui il fabbricante della macchina dichiara che il proprio prodotto è conforme ai requisiti essenziali di sicurezza e salute, riconosciuti nell'allegato I della Direttiva Macchine.

Con riferimento all'allegato II, parte 1, sezione A della Direttiva Macchine la dichiarazione CE di conformità deve contenere:

- nome e indirizzo del fabbricante e, del suo mandatario (se necessario);
- nome e indirizzo della persona legale, residente in UE, incaricata di compilare il fascicolo tecnico;
- descrizione e identificazione della macchina;
- dichiarazione che la macchina soddisfa quanto previsto dalla Direttiva Macchine 2006/42/CE;
- luogo e data della dichiarazione;
- nome, luogo e firma della persona incaricata di redigere la dichiarazione.

La dichiarazione deve anche essere inclusa nelle istruzioni o fornita separatamente e deve essere redatta in una delle lingue ufficiali dello Spazio Economico Europeo. In via generale, si raccomanda di redigere la dichiarazione di conformità nella lingua del paese di destinazione del prodotto.

2.5.2 Dichiarazione di Incorporazione di quasi-macchine

La Dichiarazione di Incorporazione accompagna le quasi-macchine ed è rilasciata dal fabbricante o dal suo mandatario. Si tratta in realtà di una “dichiarazione di non-conformità” poiché fornisce la possibilità a quasi-macchine, sprovviste quindi della Marcatura CE, di circolare liberamente, ammesso che:

- si dichiarino esplicitamente quali requisiti essenziali della presente direttiva siano stati applicati e rispettati. Infatti, non essendo la quasi-macchina completa non si potranno applicare tutti i RES della direttiva;⁸
- si forniscano informazioni rilevanti sulla quasi-macchina in questione;
- si affermi che le quasi-macchine **non possano essere messe in servizio** prima che la macchina finale sia stata dichiarata conforme;

La dichiarazione di incorporazione di quasi-macchine prevista dalla parte B dell'allegato II della direttiva 2006/42/CE, deve contenere:

- nome e indirizzo del fabbricante e, del suo mandatario (se necessario);
- nome e indirizzo della persona legale, residente in UE, incaricata di compilare la documentazione tecnica;
- descrizione e identificazione della quasi-macchina;
- dichiarazione che attesti quali RES della Direttiva Macchine sono stati rispettati;
- dichiarazione che affermi che la documentazione tecnica rilevante è compilata in accordo con la parte B dell'Allegato VII della Direttiva Macchine;
- impegno ad inviare (specificando il mezzo con cui si invia) informazioni pertinenti sulle quasi-macchine qualora richieste;
- affermazione che la quasi-macchina non può essere messa in servizio prima che la macchina finale sia dichiarata conforme alla Direttiva Macchine;
- luogo e data della dichiarazione;
- nome, luogo e firma della persona incaricata di redigere la dichiarazione.

La dichiarazione di incorporazione deve far parte del fascicolo tecnico della macchina finale ed deve essere sempre accompagnata da una versione tradotta.

La dichiarazione CE di conformità e la dichiarazione di incorporazione devono essere custodite per almeno 10 anni dall'ultima data di fabbricazione della macchina o quasi-macchina.

⁸Per la macchina c'è l'obbligo di soddisfare tutti i RES, eventualmente considerando che alcuni siano non applicabili.

2.6 Procedura di valutazione

L'articolo 12 della Direttiva Macchine definisce la procedura di valutazione della conformità delle macchine.

Tale procedura è obbligatoria e deve essere effettuata prima dell'immissione sul mercato e/o della messa in servizio di una macchina. In base al tipo di macchina si possono scegliere procedure alternative.

- **Macchina NON in allegato IV:**
il fabbricante o il suo mandatario applica la procedura di **valutazione della conformità con controllo interno sulla fabbricazione della macchina** di cui all'allegato VIII della direttiva. Questa procedura non comporta l'intervento di un organismo notificato se non in qualità di consulenza o assistenza.
- **Macchina in allegato IV:**
 - Se la macchina è stata costruita conformemente alle norme armonizzate, si può scegliere una delle tre procedure di seguito indicate:
 1. procedura di valutazione della conformità con controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII;
 2. procedura di esame per la certificazione CE del tipo di cui all'allegato IX, più controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII, punto 3;
 3. procedura di garanzia qualità totale di cui all'allegato X.
 - Se la macchina non è stata costruita conformemente alle norme armonizzate, si può scegliere una delle procedure di seguito indicate:
 1. procedura di esame per la certificazione CE del tipo di cui all'allegato IX, più controllo interno sulla fabbricazione della macchina di cui all'allegato VIII, punto 3;
 2. la procedura di garanzia qualità totale di cui all'allegato X.

Qui di seguito sono riassunti i contenuti degli allegati inerenti alla procedura di valutazione di conformità:

- **Allegato VIII (AUTODICHIARAZIONE:)** elaborazione del fascicolo tecnico + misure necessarie a garanzia che la produzione garantisca la conformità della macchina al fascicolo tecnico
- **Allegato IX (ESAME CE DI TIPO:)** il fabbricante elabora il fascicolo tecnico - Organismo notificato esamina il fascicolo tecnico, effettua prove, verifica il TIPO (la macchina), rilascia attestazione di esame CE di tipo (durata 10 anni, riesame ogni 5 anni)
- **Allegato X (GARANZIA QUALITÀ TOTALE:)** il fabbricante elabora il fascicolo tecnico, organizza un sistema di qualità, Organismo Notificato verifica il sistema di qualità e effettua la sorveglianza (verifiche ispettive periodiche)

In tabella 2.1 è illustrata la procedura completa fino alla marcatura CE per le macchine. Inoltre è descritta anche la procedura per le quasi-macchine ai sensi dell'articolo 13.

Tabella 2.1: Procedura per le macchine e quasi-macchine

	MACCHINE (procedura art.12)	QUASI-MACCHINE (procedura art.13)
1)	Redazione del fascicolo tecnico (allegato VII, sez.A)	Redazione della documentazione tecnica pertinente (allegato VII, sez.B)
2)	Dichiarazione di conformità (allegato II, parte 1, sez.A)	Dichiarazione di incorporazione (allegato II, parte 1, sez.A)
3)	Manuale istruzioni (RES 1.7.4)	Istruzioni per l'assemblaggio (allegato VI)
4)	Marcatura CE (allegato III e RES 1.7.3)	Vietato apporre marcatura CE

2.7 Documentazione

Il costruttore di una macchina deve preparare una documentazione per dimostrare all'ente preposto alle verifiche sulla marcatura CE che la macchina è conforme alla direttiva ad essa applicabile. Questo documento, denominato "Fascicolo tecnico" è richiesto dalle direttive, le quali forniscono le indicazioni per la sua compilazione. Inoltre, ogni macchina deve essere corredata dalle istruzioni per l'uso.

2.7.1 Fascicolo tecnico

Il fascicolo tecnico, o documentazione tecnica, è l'insieme dei documenti e degli elaborati che dimostrano, in maniera formale, la conformità della macchina ai pertinenti requisiti essenziali di sicurezza.

Come definito nell'allegato VII della Direttiva Macchine 2006/42/CE il fascicolo tecnico è composto da:

1. La descrizione generale della macchina
2. Il disegno complessivo della macchina e degli schemi dei circuiti di comando
3. I disegni di dettaglio eventualmente accompagnati da note di calcolo
4. La valutazione dei rischi⁹
5. L'elenco delle norme e altre specifiche tecniche applicate
6. L'elenco dei RES applicabili alla macchina

⁹secondo ISO 12100

7. Il Manuale di uso e manutenzione
8. Le dichiarazioni di incorporazione per le quasi-macchine e relative istruzioni di assemblaggio
9. La copia della dichiarazione di conformità dei componenti
10. La copia della dichiarazione CE di conformità

Il compito di redigere il fascicolo tecnico spetta al fabbricante di una macchina, ma, in genere, la sua stesura è multidisciplinare, cioè compete a più persone esperte. In particolare il fascicolo tecnico può essere costituito da documenti riportati su supporti diversi, collocati in luoghi differenti, che vengono riuniti qualora necessario.

Non è necessario che la documentazione che costituisce il fascicolo tecnico sia immediatamente disponibile: tuttavia essa deve poter essere riunita e resa disponibile entro un periodo di tempo ragionevole, compatibile con la sua importanza.

L'utilizzatore può chiedere al costruttore il fascicolo tecnico, ma non ha il diritto di ottenerlo. Il fascicolo tecnico contiene, infatti, informazioni relative alla macchina, che il fabbricante può avere interesse a non divulgare.

Il fascicolo tecnico, obbligatoriamente deve essere redatto in una o più lingue della Comunità Europea e deve essere a disposizione delle autorità competenti degli Stati membri, per almeno 10 anni dalla data di fabbricazione della macchina (o dell'ultima unità prodotta nel caso di fabbricazione in serie).

La mancata presentazione del fascicolo tecnico in seguito a una domanda debitamente motivata delle autorità nazionali competenti può costituire un motivo sufficiente per dubitare della conformità della macchina in questione ai requisiti essenziali di sicurezza e tutela della salute.

2.7.2 Documentazione tecnica pertinente per le quasi-macchine

Il documento che per le macchine viene chiamato fascicolo tecnico, per le quasi-macchine prende il nome di Documentazione tecnica pertinente, ed è composto da:

1. Disegno complessivo della quasi-macchina e degli schemi dei circuiti di comando
2. I disegni di dettaglio eventualmente accompagnati da note di calcolo
3. La valutazione dei rischi
4. L'elenco delle norme e altre specifiche tecniche applicate
5. L'elenco dei RES applicati e soddisfatti
6. Un esemplare delle istruzioni di assemblaggio della quasi-macchina

Come per il fascicolo tecnico, la documentazione tecnica pertinente: deve essere redatta in una o più delle lingue ufficiali della Comunità Europea, deve essere tenuta a disposizione per almeno 10 anni dalla data di fabbricazione della quasi-macchina (o dell'ultima unità prodotta nel caso di produzione in serie), non deve trovarsi necessariamente nel territorio della Comunità Europea ma deve essere resa disponibile nel caso in cui venga richiesta.

2.7.3 Manuale delle istruzioni per l'uso

Il costruttore non può mettere in servizio una macchina se questa è priva (anche parzialmente) del manuale di "Istruzioni ed avvertenze per l'uso".¹⁰

Essendo parte integrante della macchina, il manuale di istruzioni deve essere consegnato all'utente in anticipo o assieme al prodotto. In caso contrario quest'ultima non può essere considerata completa e, tanto meno, accettabile sotto il profilo della sicurezza.

Le istruzioni per l'uso sono parte costituente del fascicolo tecnico della macchina.

I costruttori di quasi-macchine, a differenza dei costruttori di macchine, sono obbligati a fornire un Manuale di assemblaggio che descriva le sole istruzioni per poter incorporare la quasi macchina all'insieme (macchina o linea), e tutte le avvertenze necessarie per tali operazioni.¹¹

2.7.4 Differenze fascicolo tecnico e manuale di istruzione

Fascicolo tecnico e manuale di istruzione sono due documenti sostanzialmente diversi e hanno funzioni differenti, anche se spesso vengono confusi.

Il fascicolo tecnico è un documento che contiene informazioni riservate, e che il costruttore non ha l'obbligo di consegnare al cliente.

Il manuale di istruzioni è l'insieme delle istruzioni destinate all'utente ed è considerato parte integrante della macchina, poiché contiene una serie di informazioni indispensabili al cliente per installare, utilizzare e mantenere in modo corretto e sicuro la macchina. Il fascicolo tecnico, tra l'altro, comprende il manuale di istruzione.

¹⁰RES 1.7.4 della Direttiva Macchine

¹¹Allegato VI della Direttiva Macchine

Capitolo 3

RES: Requisiti Essenziali di Sicurezza

L'allegato I della Direttiva Macchine definisce i RESS (Requisiti Essenziali di Salute e Sicurezza), i quali sono una serie di obblighi che ogni costruttore deve soddisfare al fine di:

- poter dichiarare conforme la propria macchina;
- consentire la libera circolazione delle macchine all'interno dell'Unione Europea;
- garantire, al contempo, un elevato livello di protezione della salute e della sicurezza.

I requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute elencati nel presente allegato sono inderogabili e non modificabili ma sono comunque applicabili solo quando sono rilevanti (cioè quando esiste il pericolo).

Diversamente, i RES concernenti i "Principi di integrazione della sicurezza", la "Marcatura" e le "Istruzioni" sono obbligatori per tutte le macchine, così come la "Valutazione dei rischi".

Al fine di identificare i RES pertinenti alla macchina in questione, il produttore (o il rappresentante autorizzato) deve garantire che la valutazione dei rischi sia condotta in base al processo iterativo descritto nei Principi Generali.

Il soddisfacimento di tutti i RES dell'allegato I non è condizione necessaria per le quasi-macchine e la loro applicazione è lasciata alla decisione del produttore, sulla base dell'analisi del rischio.

3.1 Legame tra le norme armonizzate e RES

Il considerando 18 della Direttiva Macchine 2006/42/CE afferma:

"La presente direttiva definisce unicamente i requisiti essenziali di sicurezza e di tutela della salute di portata generale, completati da una serie di requisiti più specifici per talune categorie di macchine. Per rendere più agevole ai fabbricanti la prova della conformità a tali requisiti essenziali e per consentire le ispezioni per

la conformità a tali requisiti, è opportuno disporre di norme armonizzate a livello comunitario per la prevenzione dei rischi derivanti dalla progettazione e dalla costruzione delle macchine. Dette norme armonizzate a livello comunitario sono elaborate da organismi di diritto privato e dovrebbero conservare la loro qualità di testi non obbligatori."

Come già specificato nei capitoli precedenti, le norme armonizzate forniscono soluzioni tecniche dettagliate per soddisfare i requisiti essenziali di sicurezza. Ciò significa che l'applicazione delle norme armonizzate conferisce una presunzione di conformità ai RES. Tuttavia, si ricorda che l'uso delle norme armonizzate resta su base facoltativa, mentre i RES sono giuridicamente vincolanti. La natura volontaristica delle norme armonizzate mira ad evitare che le norme tecniche ostacolino l'immissione sul mercato di macchine che incorporano soluzioni innovative.

Se il fabbricante sceglie di applicare altre specifiche tecniche deve poter dimostrare che la sua soluzione alternativa è conforme ai requisiti di sicurezza e di tutela della salute e fornisce un livello di sicurezza che sia almeno equivalente a quello che si ottiene con l'applicazione delle specifiche della norma armonizzata (tabella 3.1).

Tabella 3.1: Legame RES e norme tecniche armonizzate

1)	In relazione ad ogni possibile FONTE DI PERICOLO presente sulla macchina
2)	l'allegato I della Direttiva Macchine individua i RES . Essi rappresentano altrettanti OBIETTIVI che è necessario conseguire.
3)	Le soluzioni per conseguire tali obiettivi sono riportate nelle NORME TECNICHE ARMONIZZATE ; oppure si possono applicare altre specifiche tecniche, ma in questo caso si è soggetti all' <u>onere della prova</u> con cui si è tenuti a dimostrare la validità delle proprie soluzioni, che deve essere almeno pari a quella garantita dalle soluzioni contenute nelle norme tecniche armonizzate.

3.2 Le verifiche di conformità: liste di controllo

In tabella 3.2 è riportata una parte di lista di controllo per la verifica della completa applicazione dei requisiti essenziali di sicurezza ed in particolare per valutare se sono state considerate tutte le disposizioni previste nell'allegato I della direttiva

Si può osservare che:

- la risposta positiva SI indica che il requisito è stato considerato e soddisfatto;
- la risposta negativa NO indica che il requisito non è stato considerato o che permangono rischi residui; in questo caso tali rischi andrebbero evidenziati nelle "note";
- la risposta NA indica che il requisito non è applicabile per la macchina considerata; in questo caso è opportuno fornire nella colonna delle note la motivazione della risposta.

Questa check list può essere usata più volte durante la progettazione e verifica della macchina.

Tabella 3.2: Esempio di lista utilizzabile per la verifica della completezza dell'applicazione essenziali di sicurezza della parte I, dell'allegato, della Direttiva Macchine

RES	VERIFICHE				NOTE
1.1.1	Sono state valutate e applicate le definizioni di zona pericolosa, persona esposta e operatore?	SI	NO	NA	
1.1.2	Nella definizioni delle misure sono state considerate tutte le fasi di vita della macchina, nonché le conseguenze di una situazione anormale prevedibile?	SI	NO	NA	
	In sede di progettazione e di costruzione della macchina, nonché all'atto della redazione delle istruzioni per l'uso è stato definito l'uso normale della macchina e considerato l'uso ragionevolmente prevedibile?	SI	NO	NA	
1.2.4	La macchina è munita di un dispositivo di comando che consente l'arresto generale in condizioni di sicurezza?	SI	NO	NA	
1.5.1	La macchina è progettata, costruita ed equipaggiata onde prevenire i rischi dovuti all'energia elettrica	SI	NO	NA	
1.5.6	La macchina è stata progettata e costruita per evitare rischi di incendio o di surriscaldamento?	SI	NO	NA	
1.6.3	La macchina è munita di dispositivi che consentono di isolarla da ciascuna delle sue fonti di alimentazione	SI	NO	NA	
1.7.2	Sulla macchina sono state previste avvertenze per i rischi residui?	SI	NO	NA	
1.7.3	La macchina porta in modo leggibile ed indelebile le seguenti indicazioni: nome del fabbricante e suo indirizzo la marcatura CE? la designazione della serie o del tipo? eventualmente il numero di serie? l'anno di costruzione?	SI SI SI SI SI	NO NO NO NO NO	NA NA NA NA NA	
	Se è previsto l'utilizzo in atmosfera esplosiva è riportata l'apposita indicazione?	SI	NO	NA	

Capitolo 4

Norma EN 60204-1 (2018)

4.1 Introduzione

Il 13 Ottobre 2016 è stata pubblicata da IEC la norma IEC 60204-1 sull'equipaggiamento elettrico dei macchinari.¹ Successivamente, la norma è stata esaminata dal CENELEC che ha introdotto le "common modifications" cioè le modifiche ritenute necessarie per trasformare la norma IEC in norma europea, ovvero la EN 60204-1 (in vigore dal 1° dicembre 2018).

Infine, la norma europea è stata recepita dal CEI nei tempi stabiliti dal CENELEC per tutti i paesi europei e si arriva alla norma CEI EN 60204-1; ovvero CEI 44-5 in base alla classificazione CEI, figura 4.1.

La vecchia norma CEI EN 60204-1 (2006) è rimasta utilizzabile fino al 14 settembre 2021.

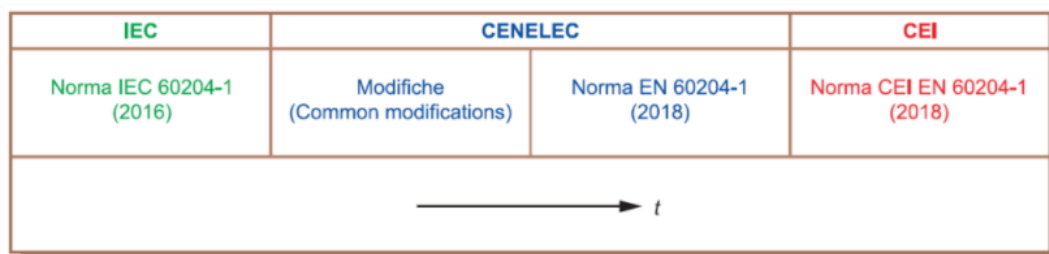


Figura 4.1: Dalla norma IEC 60204-1 (2016) alla norma EN 60204-1 (2018), fino alla CEI EN 60204-1 (2018)

La norma EN 60204-1 rappresenta, di fatto, lo stato dell'arte per la progettazione e la realizzazione degli equipaggiamenti elettrici delle macchine, tra cui i quadri elettrici collegati alle macchine. Quindi è lo standard che deve essere seguito da tutti i fabbricanti di macchine e di automazione industriale.

¹La precedente edizione è del 2005.

Questa norma è armonizzata per ben 2 direttive:

- Direttiva Macchine 2006/42/CE;
- Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE.

Il rispetto della EN 60204-1 assicura la presunzione di conformità ad entrambe le direttive.

Quindi, se nella progettazione e realizzazione di una macchina si seguono i punti previsti da una norma armonizzata, vengono soddisfatti anche i RES della Direttiva Macchine specificati nella norma stessa, riportati in tabella dell'allegato ZZA che tratta della corrispondenza tra la EN 60204-1 e Direttiva Macchine 2006/42/CE (tabella 4.1).

Invece, l'allegato ZZB riporta la corrispondenza tra la EN 60204-1 e i RES della Direttiva Bassa Tensione 2014/35/UE.

Tabella 4.1: Esempi di corrispondenza tra la norma EN 60204-1 e l'allegato I della Direttiva 2006/42/CE

Requisiti Essenziali della Direttiva 2006/42/CE	Articolo/paragrafo della presente norma EN	Osservazioni/Note
1.2.1	art.4, 5.4, 7.4, 7.5, 7.6, 7.8, 7.10, 8.4, art.9, 10.6, 10.9, 11.2.3	
1.2.2	4.4, art.10, art.11, 16.3	
1.2.3	7.3.1, 7.5, 9.2.3.2, 9.3.1	
1.2.4.1	9.2.2, 9.2.3.3	
1.2.4.2	9.2.2, 9.2.3.3, 9.2.3.4,9.4	
1.2.4.3	9.2.3.4.2, 10.7	
1.2.4.4	9.2.3.3, 9.2.3.4.2	
1.2.5	9.2.3.5	
1.2.6	5.4, 7.5	
...

4.2 Campo di applicazione

La EN 60204-1 è una norma di tipo B1 relativa ai principali aspetti di sicurezza dell'equipaggiamento elettrico e fornisce tutte le prescrizioni per la protezione dei pericoli elettrici e/o non elettrici direttamente correlati all'energia elettrica.

L'articolo 1 individua il campo di applicazione della norma:

"...equipaggiamenti e sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili per macchine non portatili quando sono in moto, inclusi i gruppi di macchine che lavorano in modo coordinato; l'equipaggiamento considerato inizia dal punto di connessione dell'alimentazione all'equipaggiamento elettrico della macchina."

La norma si applica ad equipaggiamenti elettrici, o loro parti, alimentati con tensione nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata (AC) o 1500 V in corrente continua (DC) e con frequenze nominali non superiori a 200 Hz.

L'allegato C riporta un elenco esemplificativo dei tipi di macchine alle quali la norma in questione risulta applicabile. La norma risulta applicabile anche alle macchine mobili (ad es. macchine agricole, carrelli) e trasportabili, ma non alle macchine portatili (ovvero quelle macchine che vengono tenute in mano durante il funzionamento, ad es. un aspiratore soffiatore). La restrizione alle macchine non portatili è una novità dell'ultima edizione.

4.3 Definizioni

Qui di seguito sono riportate alcune definizioni per facilitare la comprensione della norma EN 60204-1.

- **massa:** parte conduttrice, facente parte dell'impianto elettrico, che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie di funzionamento, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto;
- **massa estranea:** parte conduttrice non facente parte dell'impianto elettrico e in grado di introdurre un potenziale elettrico, generalmente il potenziale elettrico di una terra locale(es. tubazione idrica interrata, l'armatura del cemento armato...);
- **guasto:** cessazione dell'attitudine di un elemento a eseguire una funzione richiesta;
- **parte attiva:** conduttore o parte conduttrice destinata a essere in tensione durante il servizio ordinario, compreso il conduttore di neutro ma, per convenzione, escluso il conduttore PEN (conduttore di neutro e di protezione uniti in unico conduttore);
- **contatto diretto:** contatto di persone o animali con parti attive;
- **contatto indiretto:** contatto di persone o animali con masse che risultano in tensione in condizioni di avaria;
- **equipaggiamento elettrico:** elementi utilizzati congiuntamente all'impiego dell'elettricità da parte di macchine o parti di macchine, ad esempio materiali, dispositivi, componenti, apparecchi, accessori e simili;
- **sovracorrente:** corrente che supera il valore nominale;
- **terra:** il terreno come conduttore il cui potenziale elettrico in ogni punto è convenzionalmente considerato uguale a zero;
- **dispersore:** corpo conduttore in contatto elettrico con il terreno e che realizza un collegamento elettrico con la terra;

- **conduttore di terra:** conduttore di protezione che collega il collettore principale di terra al dispersore.
- **conduttore di protezione (PE):** conduttore che fornisce un percorso primario della corrente di guasto delle masse (parti conduttrici accessibili) dell'equipaggiamento elettrico a un morsetto di terra di protezione. Se è rivestito deve essere di colore giallo-verde.
- **conduttore equipotenziale (EQP):** conduttore che mette le diverse masse e masse estranee allo stesso potenziale
- **collettore o nodo principale di terra (barra equipotenziale):** elemento alla quale sono collegati i conduttori di terra, i conduttori di protezione (PE) e i conduttori equipotenziali principali (EQP), fig. 4.2. Può trattarsi di un morsetto multiplo o di una sbarra di rame, l'importante è che sia meccanicamente robusto ed adatta ad assicurare la continuità elettrica nel tempo.²

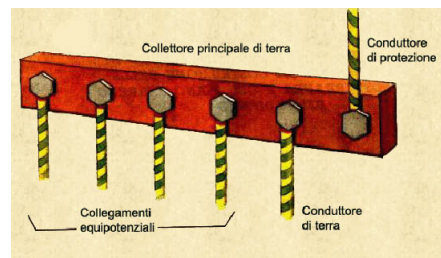


Figura 4.2: Conduttore o nodo principale di terra

4.4 Il sezionamento

4.4.1 Confine tra macchina e l'impianto elettrico

La Direttiva Macchine (RES 1.6.3) e la Norma EN 60204-1 affermano che *"ogni equipaggiamento deve essere dotato di un sezionatore dell'energia elettrica per ogni alimentazione elettrica della macchina."*

L'equipaggiamento elettrico di una macchina inizia ai morsetti di ingresso del dispositivo di sezionamento generale. In questo stesso punto termina l'impianto elettrico di distribuzione dell'energia elettrica.

Questo punto di separazione tra l'impianto elettrico e la macchina è molto importante per assegnare la relativa responsabilità:

- A monte di questo punto la responsabilità è dell'impianto elettrico di distribuzione e quindi si applicano le norme relative agli impianti elettrici;³

²Le definizioni inerenti all'impianto di terra fanno riferimento alla CEI 64-8, norma che disciplina gli impianti elettrici in bassa tensione (<1000 V in AC, 1500 V in DC)

³Norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua"

- A valle del sezionamento é responsabile il costruttore della macchina e quindi si applicano le norme sull'equipaggiamento elettrico delle macchine.

4.4.2 Il dispositivo di sezionamento generale

Il sezionamento consiste nell'isolare, cioè interrompere la continuità elettrica (galvanica), in modo sicuro una parte o l'intera macchina dalla sorgente di alimentazione. Questo può essere richiesto per eseguire operazioni di manutenzione, per delle condizioni di spegnimento, ecc...

Nel caso di macchine alimentate ad energia elettrica, mediante una spina ad innesto è sufficiente la separazione della spina.

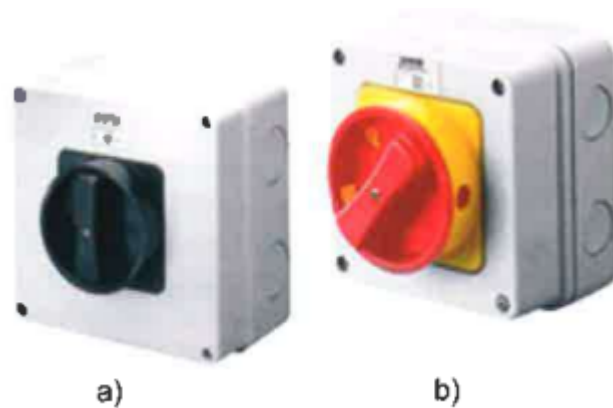


Figura 4.3: Interruttori di manovra-sezionatori impiegati per: a) soltanto come dispositivo di sezionamento generale della macchina, b) sezionamento generale e arresto di emergenza

Capitolo 5

Le verifiche dell'equipaggiamento elettrico

5.1 Introduzione

Questa parte finale della norma è importante perché consente di concludere il processo di conformità della macchina e quindi ottenere la validazione per venderla all'interno dell'Unione Europea.

Il capitolo 18 della norma EN 60204-1 riporta le prove e misure da condurre sull'equipaggiamento elettrico delle macchine.

Solitamente per macchine particolari esistono delle norme di tipo C, ovvero specifiche di prodotto, in cui sono indicate le prove da effettuare sull'equipaggiamento elettrico.¹

Qualora non esistano norme specifiche di prodotto per la macchina, le verifiche a), b), c) e h) sono sempre obbligatorie, le restanti, se applicabili, sono lasciate all'analisi del rischio del costruttore dell'equipaggiamento elettrico.

Le verifiche che il fabbricante deve eseguire sono le seguenti:

- a) verifica che l'equipaggiamento elettrico sia conforme alla documentazione tecnica;
- b) verifica della continuità del circuito equipotenziale di protezione;
- c) in caso di protezione di guasto mediante interruzione automatica dell'alimentazione, devono essere verificate le condizioni per la protezione mediante interruzione automatica;
- d) prove di resistenza dell'isolamento;
- e) prove di tensione;
- f) protezione contro le tensioni residue;
- g) verifica che i requisiti pertinenti a 8.2.6 siano soddisfatti;²

¹Ad esempio la norma EN 201 per macchine per materie plastiche e gomma - Presse a iniezione o EN ISO 11111 per le macchine tessili.

²L'articolo 8.2.6 della norma prescrive delle determinate condizioni da rispettare quando l'equipaggiamento elettrico ha una corrente di dispersione a terra superiore a 10 mA

h) prove funzionali.

Rispetto alla precedente edizione della norma sono state aggiunte le verifiche del punto b), sempre necessaria a prescindere dal tipo di sistema di distribuzione, e del punto g), quest'ultima peraltro senza descrivere le modalità di esecuzione della stessa.

Le verifiche si eseguono sulle macchine nuove e anche su quelle usate, qualora una parte della macchina o il suo equipaggiamento associato vengono sostituiti o modificati in modo sostanziale.

5.2 Strumentazione per le prove di sicurezza elettrica

Per eseguire queste prove è necessario uno strumento particolare che deve essere utilizzato solo da personale specializzato a conoscenza dei possibili rischi connessi all'uso di tensioni pericolose.

Lo strumento, adatto a eseguire le verifiche dell'equipaggiamento elettrico previste dalla EN 60204-1, deve essere progettato in conformità alle normative IEC/EN 61557, relativa agli strumenti di misura elettronici e inoltre, nel data-sheet o nel manuale d'uso, deve fare riferimento alla norma EN 60204-1.

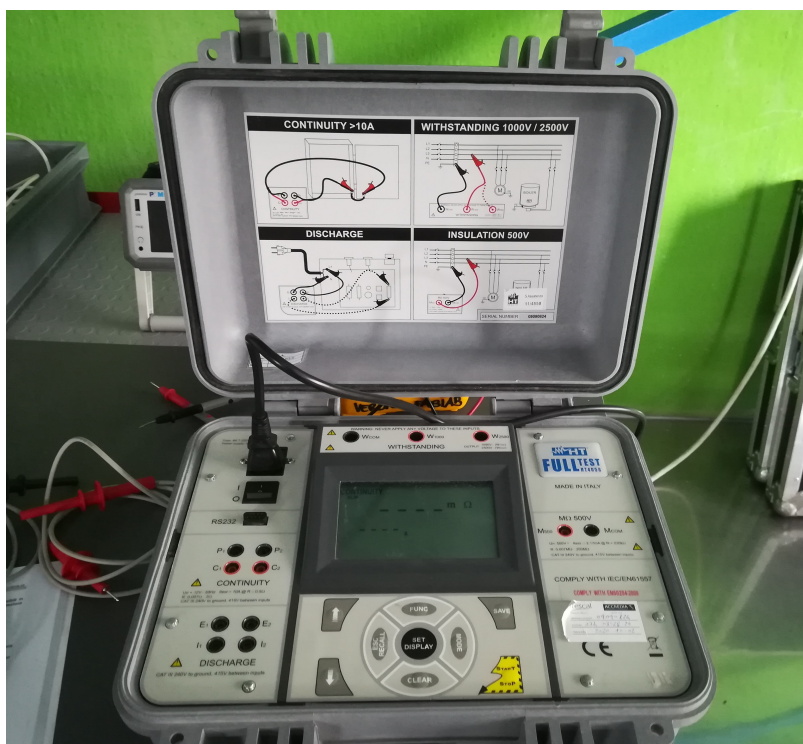


Figura 5.1: Strumento HT4050 Full Test

In laboratorio viene utilizzato l' HT4050 FULL TEST (figura 5.1), uno strumento multifunzionale in grado di eseguire tutte le prove, ovvero:

- verifica della continuità del circuito equipotenziale di protezione;
- prove di resistenza dell'isolamento;
- prove di tensione applicata (rigidità dielettrica);
- protezione contro le tensioni residue.

HT4050 Full Test è uno strumento che ha un funzionamento semplice e intuitivo; infatti per facilitare i tecnici, sulla faccia interna del coperchio dell'involucro dello strumento, sono riportati i disegni su come collegare i cavi per ogni tipo di prova.

5.3 Verifica che l'equipaggiamento elettrico sia conforme alla documentazione

La verifica che l'equipaggiamento elettrico sia conforme alla documentazione tecnica è obbligatoria ed è un test svolto mediante ispezione. Si verifica, a campione, che tutti i componenti e i conduttori siano identificati in coerenza con l'identificazione utilizzata per la documentazione ed in particolare per gli schemi elettrici.

Ai sensi dell'articolo 13.2.1, *"Ogni conduttore deve essere identificabile a ogni estremità conformemente alla documentazione tecnica."*

Per un accordo tra fornitore e utilizzatore circa il metodo preferibile di identificazione si può utilizzare il quesito n.10 dell'allegato B, tabella 5.1.³

Ad esempio, se un conduttore di fase nello schema elettrico è denominato L12, sulla estremità del cavo nella macchina dovrà essere riportata la stessa denominazione.

Oppure un teleruttore, chiamato K1 nello schema elettrico, sulla macchina dovrà esserci un' etichetta con scritto K1.

Tabella 5.1: Quesito n.10 della tabella dell'allegato B

10. Tecniche di cablaggio (art.13)		
É previsto un metodo specifico di identificazione per i conduttori? (art. 13.2.1)	Sì	No
Tipo		

³Nell'allegato B della norma EN 60204-1:2018 è presente un questionario per facilitare lo scambio di informazione tra utilizzatore e fornitore.

5.4 Verifica delle condizioni per la protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione

Al paragrafo 18.2 della norma EN 60204-1 sono descritte due prove da eseguire per verificare le condizioni per l'interruzione automatica dell'alimentazione:

- **Prova 1 - Verifica della continuità del circuito equipotenziale di protezione;**
- **Prova 2 - Verifica dell'impedenza dell'anello di guasto e idoneità del corrispondente dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.**

La norma fornisce una tabella riepilogativa (Tabella 9) che riassume le prove a cui sottoporre l'equipaggiamento elettrico a secondo dello stato della macchina.

L'interruzione automatica dell'alimentazione di un qualsiasi circuito colpito da un guasto all'isolamento è destinata a evitare una situazione pericolosa derivante da una tensione di contatto.

Tale misura consiste nell'interruzione di uno o più conduttori di linea mediante l'intervento automatico di un dispositivo di protezione in caso di guasto.

L'interruzione deve verificarsi in un tempo breve da limitare la durata della tensione di contatto a un periodo entro i limiti specificati in tabella 5.2.

La condizione per la protezione mediante interruzione automatica deve soddisfare la prescrizione di:

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

o equivalentemente:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove:

Z_s = Impedenza dell'anello di guasto comprendente la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

I_a = Corrente che provoca l'intervento automatico del dispositivo di protezione entro il tempo specificato;

U_0 = Tensione nominale in AC verso terra.

Tabella 5.2: Durate interruzioni massime

U_0 [V]	Durata di interruzione [s]
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

L'allegato A : "Protezione in caso di guasto mediante interruzione automatica dell'alimentazione" della norma fornisce delle tabelle dettagliate inerenti ai tempi massimi di interruzione per i sistemi TN e TT.

5.4.1 Verifica dell'impedenza dell'anello di guasto e idoneità del corrispondente dispositivo di protezione contro le sovracorrenti.

In tabella 5.3 è riportata la descrizione della Prova 2 con i relativi riferimenti alla norma EN-60204-1.

Tabella 5.3: Descrizione Prova 2 e riferimenti a EN 60204-1

RIFERIMENTO EN 60204-1	VERIFICA DELL'IMPEDENZA DELL'ANELLO DI GUASTO E IDONEITÀ DEL CORRISPONDENTE DISPOSITIVO DI PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI
18.2.3	<p>Le connessioni dell'alimentazione e del conduttore esterno di protezione in ingresso al morsetto PE della macchina devono essere verificate mediante esame a vista.</p> <p>Le condizioni per la protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione, devono essere verificate mediante entrambi gli elementi seguenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. verifica dell'impedenza dell'anello di guasto mediante: <ul style="list-style-type: none"> - calcolo, oppure - misura 2. verifica delle caratteristiche del dispositivo di protezione associato mediante esame a vista della corrente di regolazione nominale per gli interruttori, e delle caratteristiche nominali di corrente per i fusibili
A.1.4	<p>Misura dell'impedenza dell'anello di guasto (Z_S)</p> <p>La misura dell'impedenza dell'anello di guasto deve essere condotta utilizzando apparecchi di misura conformi alla IEC 61557-3.</p> <p>Devono essere condotte misure con la macchina collegata a un'alimentazione di frequenza pari a quella nominale dell'alimentazione nell'installazione prevista.</p>

La tabella 10 della norma fornisce dati che permettono di evitare complicati calcoli.

5.5 Elaborazione di procedure di prova con strumentazione del laboratorio

Queste prove sono state eseguite su una macchina per lappatura, figura 5.2, mediante lo strumento HT4050 FULL TEST ed è necessario che il personale segua con precisione la procedura di verifica definita dalla norma. Prima di iniziare i test di verifica dell'equipaggiamento elettrico si deve aprire il dispositivo di sezionamento della macchina, al fine di togliere alimentazione elettrica alla macchina.



Figura 5.2: Macchina per lappatura

Sono stati eseguiti i seguenti test:

- Verifica di continuità del circuito equipotenziale di protezione;
- Prove di resistenza dell'isolamento;
- Prove di tensione (Rigidità Dielettrica).

La prova di protezione contro le tensioni residue non è stata effettuata perché nella macchina non sono presenti parti attive che, dopo il sezionamento dell'alimentazione, rimangono in tensione.

5.5.1 Verifica di continuità del circuito equipotenziale di protezione

Il test di continuità del circuito equipotenziale di protezione è obbligatorio ed è una prova individuale, cioè viene eseguita sul 100% dei prodotti.

Ad esempio se si verifica un guasto, la corrente fluisce naturalmente verso il terreno, utilizzando qualunque via a sua disposizione.

L'impianto di messa a terra serve allora per creare alla corrente una via preferenziale e a bassa resistenza, in modo che questa eviti di passare attraverso il nostro corpo. Qualunque persona che entri in contatto con una massa toccandola crea un collegamento tra questa ed il terreno. Se la massa è connessa a terra la corrente

avrà due vie in parallelo da poter percorrere per raggiungere la meta ed opterà per quella con la minore resistenza. Il corpo umano ha una resistenza verso terra pari a circa 2000 ohm, per questa ragione la corrente tenderà a passare attraverso la messa a terra, che ha valori di pochi ohm.

Quindi, è fondamentale svolgere questa prova per verificare che i collegamenti di protezione equipotenziale siano efficienti, tali da garantire il collegamento delle masse all'impianto di messa a terra.

Descrizione della prova

La prova di continuità si esegue facendo circolare una corrente compresa tra 0,2 A e circa 10 A, proveniente da una sorgente di alimentazione separata dalla rete che fornisca una tensione massima a vuoto di 24 V ac o cc, per un certo intervallo di tempo definito dalla norma. La corrente viene fatta circolare fra le masse ed il punto dove verrà connesso l'impianto di terra, cioè la barra equipotenziale.

Il test è considerato superato se il valore di resistenza misurato è nel campo dei valori attesi per quella lunghezza, sezione e materiale di ogni conduttore di protezione della macchina.

Questa prova non è pericolosa per l'operatore; la tensione massima fornita è 24 V, cioè una SELV (tensione bassissima di sicurezza) ed è, pertanto, toccabile.

Scelta del valore limite di resistenza

La norma non stabilisce il valore limite di resistenza.⁴ È un valore bassissimo, teoricamente 0 Ω, ed è quello atteso dal progettista.

La procedura corretta da seguire è:

1. Noti :

l = lunghezza del conduttore

S = sezione del conduttore

ρ = resistività

2. Si calcola $R_{teorica}$ come:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

3. Si misura R_{misura}

4. confronto:

$$R_{teorica} = R_{misura} + \Delta$$

dove Δ = tolleranza ammessa

Spesso per determinare il valore limite di resistenza si utilizzano tabelle oppure si può anche scegliere un valore specifico e utilizzarlo per tutta la macchina.

Anche se non più applicabili già dalla edizione 2006, i limiti della vecchia tabella 9.A, costituiscono un utile riferimento per impostare i valori massimi, in particolare per macchine di ridotte dimensioni, tabella 5.4.

⁴Nell'edizione del 2006 il limite era fissato a 0.1 Ω. In alcune norme specifiche di prodotto è ancora stabilito questo limite.

Tabella 5.4: Resistenza massima in funzione della sezione del conduttore di protezione

Sezione del conduttore di protezione (mm^2)	Resistenza massima (Ω)
1	0,33
1,5	0,26
2,5	0,19
4	0,14
>6	0,10

Misurazione a 2 fili

Il test di continuità è possibile eseguirlo sia con il metodo di misurazione di resistenza a 2 fili che a 4 fili.

Un aspetto importante del metodo a 2 fili è costituito dai collegamenti: i cavi (fig.5.3), che devono essere necessariamente utilizzati per collegare lo strumento alla macchina sotto prova, possono incidere sul risultato finale in quanto introducono resistenze addizionali.

Quindi è necessario tenerne in considerazione sul calcolo finale della resistenza misurata.

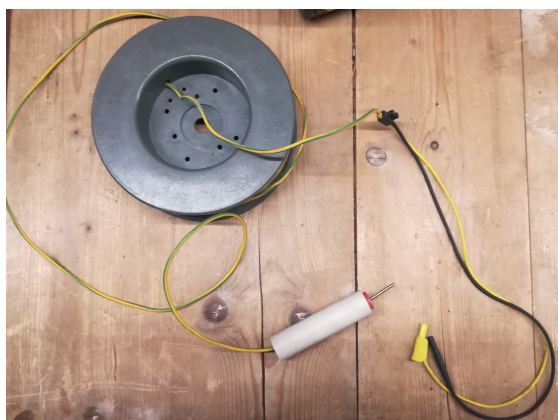


Figura 5.3: Cavo utilizzato in laboratorio per la misura di resistenza a 2 fili

Alcuni strumenti utilizzano una funzione di azzeramento dei cavi di prova. Questa funzione presenta vari inconvenienti in quanto deve generalmente essere ripetuta ad ogni accensione dello strumento ed ogni volta che vengono modificati i cavi di collegamento.

Misurazione a 4 fili

In alternativa si può utilizzare il metodo di misurazione a 4 fili che consiste nell'impiego di 4 cavi, due per ogni collegamento, fig. 5.4. Con questo sistema di misura a 4 terminali non vengono introdotti errori di misura e quindi non è richiesta nessuna calibrazione della resistenza dei cavi di prova.

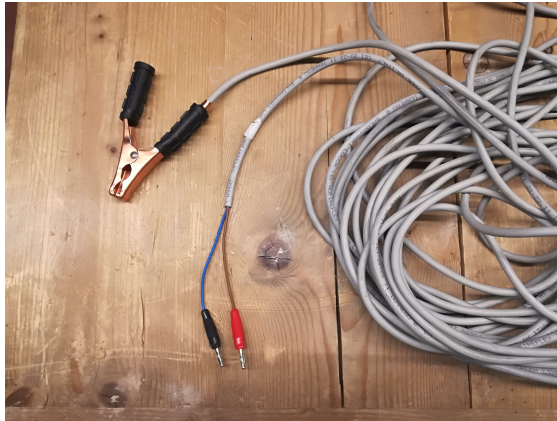


Figura 5.4: Cavo utilizzato in laboratorio per la misura di resistenza a 4 fili

È un metodo di misurazione molto accurato, che può misurare una resistenza molto bassa con un'elevata precisione.

Questo sistema consente di poter utilizzare cavi di lunghezza notevole, come accade quando devono essere verificate le continuità dei circuiti di protezione su macchine di dimensioni notevoli.

Svolgimento della prova

Il test di continuità del circuito equipotenziale di protezione è una prova volt-amperometrica. Siccome la macchina per lappatura è di dimensione notevole si è utilizzato il metodo di misurazione di resistenza a 4 fili.

1. Premere il tasto FUNC e selezionare la funzione CONTINUITY.
2. Impostare il tempo di durata della prova e il limite accettabile di resistenza. In questo caso sono stati stabiliti un limite di 500 mΩ e un tempo di circa 1-2 secondi.
3. Collegare il puntale fisso sulla barra equipotenziale e il puntale mobile su una massa, fig. 5.5. I collegamenti dei cavi allo strumento si possono vedere in fig. 5.6.
4. Premere il tasto START/STOP per eseguire la misura. Il risultato del test è mostrato a display, (vedere fig. 5.6).

Il risultato della prova è definito da un valore di resistenza e da un'indicazione "OK" o "NOT OK", accompagnato da una segnalazione acustica.

In fig. 5.6 si può vedere che è stata iniettata una corrente di 10.4 A ed è stata rilevata una resistenza di 32 mΩ, inferiore al limite fissato, quindi il test è superato.

(a) *Puntale fisso su barra equipotenziale*(b) *Puntale mobile su carcassa braccio robotico*

Figura 5.5: Collegamenti cavi per il test di continuità



Figura 5.6: Collegamenti cavi allo strumento e display del test di continuità

5.5.2 Prove di resistenza dell'isolamento

I materiali isolanti, tipicamente utilizzati se integri e installati correttamente, offrono un elevato livello di isolamento. Può accadere che, nel corso degli anni o per un errore di montaggio o a causa di sollecitazioni termiche o meccaniche, l'involucro isolante dei conduttori si danneggi creando condizioni di potenziale pericolo per l'utente (dispersioni di corrente, cortocircuiti).

Descrizione della prova

La prova di resistenza di isolamento consiste nell'applicare una tensione di prova di 500 V DC tra ciascun conduttore di potenza della macchina e il riferimento di terra. In questo modo si misura la resistenza fra "interno ed esterno" dei conduttori,

quindi fra il conduttore attivo ed il terminale di messa a terra del dispositivo. Il valore limite minimo di riferimento è di 1 M Ω .

La norma suggerisce di scollegare, ove presenti, dispositivi di protezione contro le sovratensioni suscettibili di intervenire durante la prova.

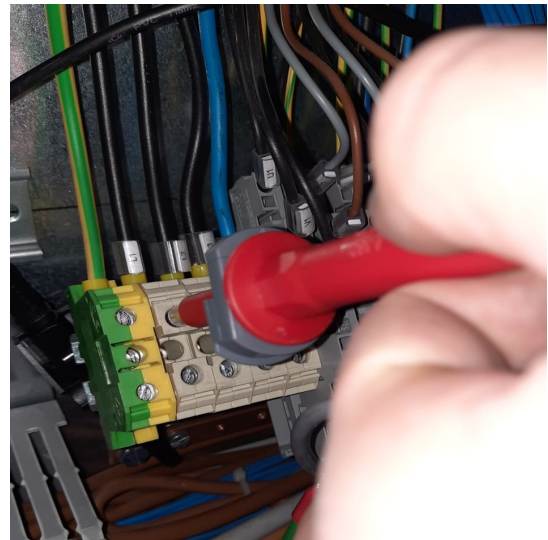
La misura della resistenza d'isolamento, non è considerata distruttiva nelle normali condizioni di test.

Svolgimento della prova

1. Premere il tasto FUNC e selezionare la funzione M Ω .
2. Impostare il tempo di durata e il limite accettabile di resistenza di isolamento. In questo caso sono stati stabiliti una durata di 10 secondi e un limite di resistenza di 1 M Ω .
3. Collegare il puntale fisso alla barra equipotenziale e il puntale mobile su una fase, fig. 5.7. I collegamenti dei cavi allo strumento si possono vedere in fig. 5.8.



(a) Puntale fisso su barra equipotenziale



(b) Puntale mobile su fase L1

Figura 5.7: Collegamenti cavi per il test di resistenza di isolamento

4. Premere il tasto START/STOP per eseguire la misura. Il risultato del test è mostrato a display, (vedere fig. 5.8).

Il risultato della prova è definito da un valore di resistenza e da un'indicazione "OK" o "NOT OK", accompagnato da una segnalazione acustica.

In fig. 5.8 si può vedere che è stata applicata una tensione di 530 V per una durata di 10 secondi ed è stata rilevata una resistenza di isolamento oltre al fondo scala dello strumento e inferiore al limite fissato, quindi il test è superato.

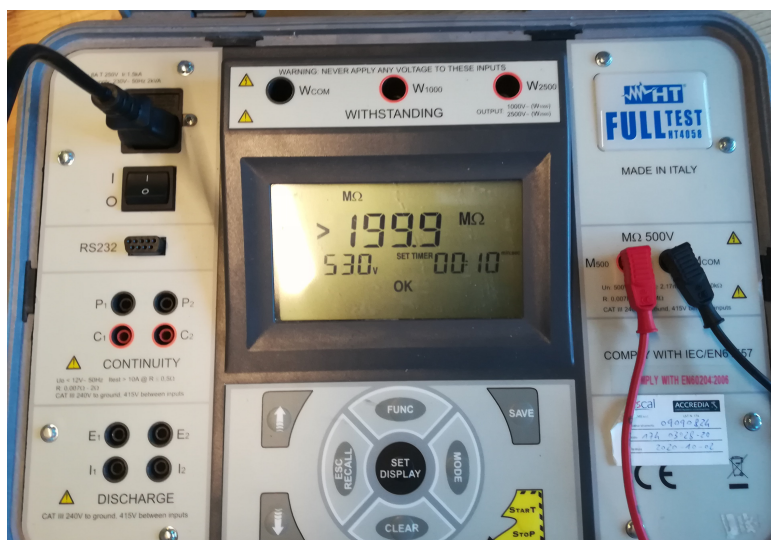


Figura 5.8: Collegamento cavi e display test di resistenza di isolamento

Per velocizzare la prova si possono mettere in corto le parti attive tra loro (3 fasi e neutro), lasciando un terminale pronto per collegare lo strumento, figura 5.9. Questo metodo è peggiorativo e bisogna tenerne in considerazione nel valore finale perché in questo caso si misura un parallelo di resistenze di isolamento.



Figura 5.9: Conduttori di fase e neutro interconnessi tra loro

5.5.3 Prove di tensione (Rigidità Dielettrica)

È una prova simile alla precedente.

Lo scopo della prova di resistenza di isolamento è quello di definire la qualità dell'isolamento sulla base di un numero, espresso in $M\Omega$, corrispondente alla resistenza.

Il test di tensione applicata esprime la capacità di un isolante di sopportare una tensione di valore elevato di media durata senza produrre una scarica verso terra. Questa sovratensione può essere causata da un fulmine o generata da un difetto sulla linea di trasmissione dell'energia.

Descrizione della prova

Nella prova di tensione applicata, i circuiti di potenza delle macchine devono resistere a un test di tensione tra i conduttori attivi e l'impianto di terra per almeno 1 secondo.

La tensione di prova deve avere un valore doppio della tensione di alimentazione nominale dell'equipaggiamento, o 1000 V, (ad una frequenza nominale di 50 o 60 Hz), scegliendo il valore più elevato.

Durante il test la tensione è portata gradualmente al valore di prova.

La norma raccomanda di scollegare i componenti o dispositivi che potrebbero essere danneggiati dalla tensione di prova (es. inverter, PLC, ...) e anche quei dispositivi di protezione contro le sovratensioni suscettibili di intervenire durante la prova, fig. 5.10.

Possono essere sconnessi anche apparecchi che già sono stati sottoposti a questa prova secondo la relativa norma di prodotto.



Figura 5.10: Scollegamento elementi sensibili al test di tensione

Questa prova ha lo scopo di sollecitare l'isolante verificandone la tenuta ad una tensione di valore elevato.

Il risultato della prova è positivo se non si è verificata nessuna scarica attraverso l'isolante, negativo se si è verificata una scarica o comunque è intervenuto il limitatore di corrente impostato dall'operatore.

Sostanzialmente per superare il test non deve passare corrente, quindi è come che ci fosse un circuito aperto. Ovviamente sono sempre presenti fenomeni parassiti,

quindi la corrente accettabile, stabilita dal progettista, è nell'ordine della decina di mA.

Lo strumento genera una tensione pericolosa e questa prova può essere anche distruttiva quindi, l'esecuzione del test deve essere svolto solo da personale addestrato, qualificato e protetto.

Svolgimento della prova

In questa prova, oltre al sezionamento generale della macchina, è stato necessario scollegare fisicamente l'alimentazione (conduttori di fase L1, L2, L3 e neutro) della macchina e staccare il conduttore di terra PE dell'impianto, figura 5.11.

1. Premere il tasto FUNC e selezionare la funzione WITHSTANDING.
2. Impostare il tempo di durata e il limite accettabile di corrente. In questo caso sono stati stabiliti una durata di 10 secondi e un limite di corrente di 5 mA.
3. Collegare il puntale fisso alla barra equipotenziale e il puntale mobile su una fase, fig. 5.11. I collegamenti dei cavi allo strumento si possono vedere in fig. 5.13.

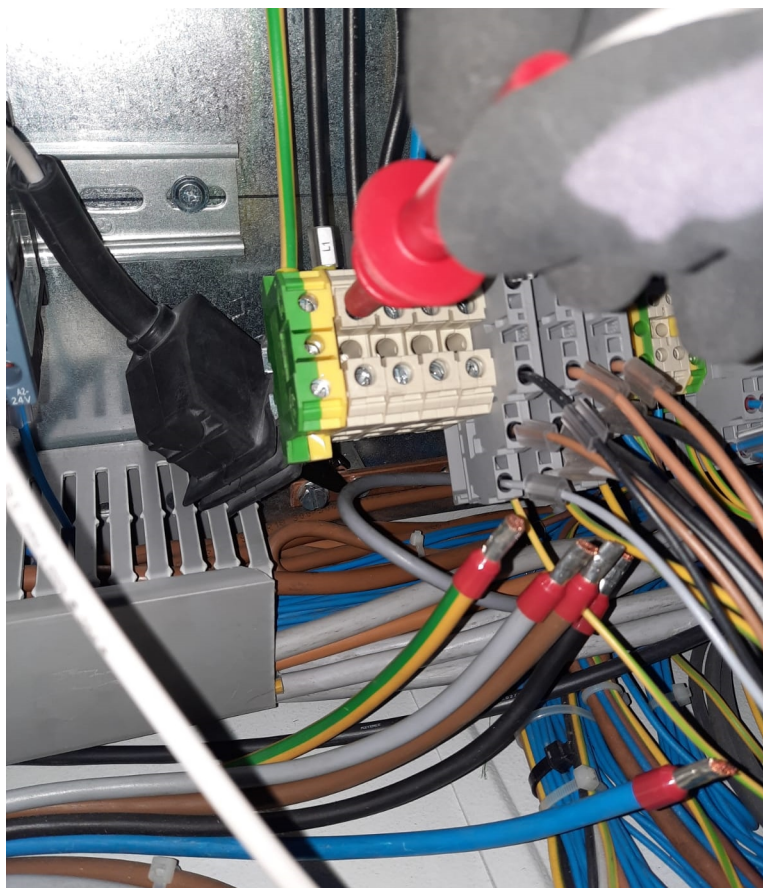


Figura 5.11: Collegamenti cavi e sezionamento dell'alimentazione per il test di tensione applicata

4. Premere il tasto START/STOP per eseguire la misura. Il risultato del test è mostrato a display, (vedere fig. 5.13).

In questo caso si deve tenere premuto il tasto START/STOP per tutta la durata della prova, in modo che l'operatore abbia entrambe le mani occupate: una sullo strumento e l'altra sul puntale mobile rosso.

In alternativa, per impegnare entrambe le mani, si possono utilizzare le coppie di pistole AT, fig. 5.12.



Figura 5.12: Pistola AT utilizzata in laboratorio

Il risultato della prova è definito da un valore di corrente e da un'indicazione "OK" o "NOT OK", accompagnato da una segnalazione acustica.

In fig. 5.13 si può vedere che è stata applicata una tensione di 1178 V per una durata di 10 secondi ed è stata rilevata una corrente di 0.1 mA, inferiore al limite fissato, quindi il test è superato.



Figura 5.13: Collegamento cavi allo strumento e display della prova di tensione applicata

5.6 Protezione contro le tensioni residue

Per tensione residua si intende la tensione che resta presente sulle parti accessibili di una macchina dopo lo spegnimento della stessa. Questo fenomeno può essere provocato ad esempio da capacità integrate o da azionamenti.

Un esempio può essere un operatore che deve svolgere manutenzione su una macchina e dopo aver aperto l'anta del quadro, quindi sezionato la macchina, un condensatore elettrolitico rimane carico. Per scaricarsi è necessario un'impedenza in parallelo ad esso e un determinato tempo. Ecco che ci può essere un contatto diretto anche dovuto a tensione residua e questo ovviamente rappresenta un pericolo per l'utente.

5.6.1 Descrizione e svolgimento della prova

Le prove di tensioni residue devono essere effettuate per assicurare che le parti attive che, dopo l'interruzione dell'alimentazione, mantengono una tensione residua superiore a 60 V devono essere scaricate a non oltre 60 V entro 5 s dall'interruzione dell'alimentazione, facendo attenzione che la caratteristica di scarica non crei disturbi al funzionamento corretto dell'equipaggiamento.

Questa prescrizione non si applica ai componenti aventi una carica immagazzinata minore o uguale a 60 μC .

La prova si effettua alimentando la macchina sotto test e ad un comando dell'operatore la macchina viene spenta; lo strumento misura, dopo un tempo di 1s (per macchine collegate a spina) o 5s (per macchine alimentate in modo permanente), la tensione residua all'interno della macchina (o ai poli della spina di alimentazione) a cui sono stati preventivamente collegati i terminali di misura, fig 5.14.

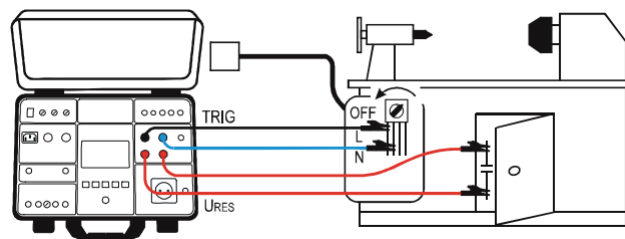


Figura 5.14: Collegamenti cavi su macchina e strumento per il test di tensione residua

In caso di non conformità, ovvero se, dopo l'interruzione dell'alimentazione, rimane quel rischio di tensione residua su parti attive accessibili e non è possibile adottare accorgimenti per scaricare entro i tempi prescritti le cariche accumulate (es. dispositivi di scarica), si ha l'obbligo di informare l'utente sia sul manuale che sulla macchina di tale rischio residuo; in prossimità di zone pericolose si indica, mediante targhetta, il tempo di attesa prima che l'involucro contenente gli elementi che accumulano cariche possa essere aperto senza pericoli.

5.7 Prove funzionali

Le prove funzionali sono obbligatorie e sono necessarie per garantire la sicurezza elettrica della macchina.

Queste prove possono essere automatizzate mediante l'utilizzo di un software.

Un esempio di test report riguardante la parte delle prove funzionali è riportato in figura 5.15.

PROVE FUNZIONALI				
RIFERIMENTO	SEQUENZA DELLE PROVE FUNZIONALI	RISCONTRAT O		NON APPLICABILE
EN 60204-1				
18.6	1) Prova di efficienza dei comandi di arresto di emergenza	SI	NO	
	2) Prova di mantenimento delle condizioni di sicurezza all'atto del ripristino dei comandi di arresto d'emergenza	SI	NO	
	3) Prova di sicurezza al ritorno della tensione di alimentazione dopo un suo venir meno	SI	NO	
	4) Prova di efficienza e congruità col ciclo dei dispositivi di sicurezza	SI	NO	
	5) Prova di efficienza dell'eventuale comando a due mani	SI	NO	
	6) Prova di efficienza dei dispositivi di segnalazione ottici per la sicurezza	SI	NO	
	7) Prova di efficienza delle misure protettive contro il verificarsi di guasti	SI	NO	
	8) Prova funzionale della modalità operativa a sicurezze sospese	SI	NO	
ESITO		POSITIVO	NEGATIVO	
NOTE				

Figura 5.15: Esempio test report riguardante le prove funzionali

5.8 Esempio di test report

Dalla edizione 2006 della norma EN 60204-1 si prescrive che il risultato delle prove sia documentato. Normalmente si compilano dei test report che vengono allegati al fascicolo tecnico della macchina.

Non c'è l'obbligo di consegnare il test report all'utente finale, però ci può essere un accordo tra le parti commerciali.

Nelle seguenti pagine è riportato un esempio di test report relativo alla macchina per lappatura. Per ragioni di privacy, sono stati cancellati i dati relativi all'azienda.

RAPPORTO DI PROVA*Sicurezza elettrica*

Cliente:	 Oggetto sotto prova:			
	Centro robotizzato incollaggio utensile lappatura MAN_1 Caratteristiche elettriche: 3x400V 25A Costruttore:			
N. ordine : Accettazione nostra offerta n.				
PROVE EFFETTUATE		ESITO		
		P	F	VR
Continuità del conduttore di protezione		X		
Prova di tensione		X		
Misura di resistenza di isolamento		X		
Tensione residua		X		

P =risultati prova conformi , F =risultati prova non conformi , VR = vedi rapporto prova interno

Norma tecnica di riferimento :

EN60204 - 1 . Sicurezza del macchinario . Equipaggiamento elettrico delle macchine.

Parte 1 : Regole generali (2018)

Nota : L'attività di misura è stata effettuata presso la sede di

Foto Apparecchiatura



Numero rapporto	Data:	Approvato da _____
XXXX	25/02/2022	
verificato	v	

SOMMARIO

<u>1</u>	<u>ABBREVIAZIONI</u>	3
<u>2</u>	<u>ELENCO ATTREZZATURE UTILIZZATE</u>	3
2.1	<u>Misuratore continuità conduttore di protezione</u>	3
2.2	<u>Misuratore resistenza isolamento</u>	3
2.3	<u>Prova di tensione</u>	3
<u>3</u>	<u>CONTINUITA' DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE</u>	4
3.1	<u>Descrizione della prova</u>	4
3.2	<u>Risultati della prova</u>	4
<u>4</u>	<u>PROVE DI TENSIONE</u>	6
4.1	<u>Descrizione della prova</u>	6
4.2	<u>Dettaglio della relazione di prova</u>	6
<u>5</u>	<u>RESISTENZA DI ISOLAMENTO</u>	7
5.1	<u>Descrizione della prova</u>	7
5.2	<u>Dettaglio della relazione di prova</u>	7
<u>6</u>	<u>TENSIONE RESIDUA</u>	8
6.1	<u>Descrizione della prova</u>	8
6.2	<u>Dettaglio della relazione di prova</u>	8

• ABBREVIAZIONI

R_{m}	Resistenza misurata nel punto di misura
Esito	Esito della prova
P	PASS, la prova è stata eseguita con successo
F	FAIL, la prova è stata eseguita con esito negativo

• ELENCO ATTREZZATURE UTILIZZATE

Descrizione dell'apparecchiatura	c.i.a.
Misuratore conduttore di protezione ABAG modello GT-02 P/N 100500, S/N 5102	RAMS016
Misuratore Rigidità dielettrica AC/DC ABAG modello. DST - 6KV2 , P/N 100100 , S/N 95ST02G	RAMS017
Misuratore Isolamento ABAG modello IT-02, P/N 100600, S/N 95ST01G	RAMS018
Sonda per misura correnti disperse	RAMS100
Multimetro digitale Fluke modello 115	RAMS147
Trasformatore isolamento Vp 0-230-400, Vs 110-0-110	RAMS105
Variatore di tensione monofase	RAMS 106
generatore EM TEST tipo PFS500 number 0595-02.	RAMS011
Oscilloscope LeCroy model 9310, S/N 93104295	RAMS024
HT full test 4058, s/n: 09090824	RAMS169

c.i.a. = codice interno di identificazione della attrezzatura.

• **CONTINUITA' DEL CONDUTTORE DI PROTEZIONE**

Rif. Norma EN 60204-1 (ed. 2018) Art. 18.2.2.

• **Descrizione della prova**

"La resistenza di ogni circuito equipotenziale di protezione tra il morsetto PE e i punti corrispondenti, facenti parte del circuito di equipotenziale di protezione deve essere misurata con una corrente compresa tra 0,2 e 10 A, proveniente da una sorgente di alimentazione separata elettricamente con una tensione massima a vuoto di 24 Vcc o Vca. La resistenza misurata deve essere nel campo previsto secondo la lunghezza, la sezione ed il materiale dei conduttori equipotenziali di protezione corrispondenti."

Si scollega il conduttore di protezione esterno dal morsetto PE della macchina, la continuità del conduttore di protezione è verificata facendo passare una corrente alternata di 10A a 50 Hz per un periodo almeno di 10 secondi tra il morsetto PE e i punti del circuito di equipotenziale

La resistenza misurata non deve superare i valori riportati nella seguente tabella:

sezione minima effettiva del conduttore di protezione equipotenziale della parte in prova (mm ²)	R _{max} (Ohm)
1	0,5
1,5	0,5
2,5	0,5
4,0	0,5
> 6,0	0,4

• **Risultati della prova**

data: 25/02/2022	tecnico di misura :
------------------	---------------------

passo	descrizione punto di misura	R _m [mOhm]	Esito
1	Piastra quadro	13	P
2	Sensore 65 um	14	P
3	Motore nastro entrata	12	P
4	PLC KUKA	14	P
5	Carcassa nastro ingresso	15	P
6	Carcassa nastro uscita	14	P
7	Motore nastro uscita	15	P
8	Motore nastro entrata 2	12	P
9	Pressa 2	13	P
10	Gruppo ingresso aria	12	P
11	Carcassa KUKA	12	P
12	Supporto monitor	11	P
13	Pulsantiera	13	P
14	Motore tavola rotante	13	P
15	Printer ux	13	P

- **PROVE DI TENSIONE**

Rif. Norma EN 60204-1 (ed. 2018), Art. 18.4

- **Descrizione della prova**

Si applica all'equipaggiamento elettrico una tensione di prova per un periodo di almeno 1 secondo tra i conduttori di tutti i circuiti e il circuito di protezione equipotenziale
I conduttori destinati a funzionare alle tensioni PELV o inferiori non sono interessati alla prova. La tensione massima di prova deve avere un valore doppio della tensione di alimentazione nominale dell'equipaggiamento, o 1000 V, scegliendo il valore più elevato. La tensione massima di prova deve essere applicata tra i conduttori del circuito di potenza e il circuito equipotenziale di protezione per circa 1 s. Le prescrizioni sono rispettate se non si verificano scariche distruttive.

- **Dettaglio della relazione di prova**

data: 25/02/2022	tecnico di misura :
------------------	---------------------

La prova è stata attuata collegando lo strumento tra i morsetti di ingresso L1-L2-L3-N del sezionatore generale e il morsetto di terra. I contatori K1 e K2 vengono mantenuti ON e vengono aperti i fusibili FU1.2, FU3.2, FU2.2.

Tensione applicata = 1000 Volt

passo	descrizione del punto di misura	Esito
1	Sezionatore polo R	P
2	Sezionatore polo S	P
3	Sezionatore polo T	P
4	Sezionatore polo N	P

- **RESISTENZA DI ISOLAMENTO**

Norma EN 60204-1 (ed. 2018), Art. 18.3

- **Descrizione della prova**

La tensione di isolamento misurata a 500 Vcc tra i conduttori del circuito di potenza e il circuito di protezione equipotenziale non deve essere inferiore a 1 M.

- **Dettaglio della relazione di prova**

data : 25/02/2022	tecnico di misura :
-------------------	---------------------

La prova è stata attuata collegando lo strumento al cavo di alimentazione della macchina tra il morsetto di terra e i morsetti L1-L2-L3-N.

La prova è stata attuata collegando lo strumento tra i morsetti di ingresso L1-L2-L3-N del sezionatore generale e il morsetto di terra. Il sezionatore è in posizione ON.

passo	descrizione del punto di misura	M	Esito
1	Sezionatore polo R	>1	P
2	Sezionatore polo S	>1	P
3	Sezionatore polo T	>1	P
4	Sezionatore polo N	>1	P

M = valore della resistenza misurata

- **TENSIONE RESIDUA**

Norma EN 60204-1 (ed. 2018), Art. 18.5

- **Descrizione della prova**

Si alimenta l'apparecchiatura sotto test con una tensione alternata prelevata dalla rete, di valore uguale a quello nominale, tramite il simulatore di caduta di tensione di rete.

L'interruzione viene operata nell'istante in cui la tensione di alimentazione presenta il valore di fase uguale a 0°. Un oscilloscopio digitale collegato in parallelo alla spina o ai conduttori di alimentazione dell'EUT permette di visualizzare e di misurare l'andamento della tensione nel periodo di tempo che segue l'interruzione operata dal simulatore di caduta di rete.

- **Dettaglio della relazione di prova**

data: 25/02/2022	tecnico di misura :
------------------	---------------------

Non sono presenti parti attive accessibili che, dopo l'interruzione dell'alimentazione, mantengono una tensione residua superiore a 60 V.

Fine del Rapporto di Prova

Figura 5.16: Test report di una macchina per lappatura

Conclusioni

Il tirocinio svolto presso S.T.A. srl si è rivelato positivo sotto diversi punti di vista. Innanzi tutto lavorare in un laboratorio di misure assistendo e collaborando con i tecnici permette di apprendere conoscenze sia tecniche che pratiche, fondamentali per un ingegnere meccatronico.

Un altro aspetto da considerare è che operare in laboratorio sensibilizza verso l'aspetto normativo, infatti non effettuare le verifiche previste dalla norma espone il fabbricante a gravi conseguenze perché la dichiarazione rilasciata sarebbe in parte falsa. Egli non potrebbe giustificarsi in alcun modo in caso di incidenti provocati da eventuali difetti nascosti.

Infine l'esperienza di stage è stata formativa in quanto ha permesso di conoscere, perfezionare, approfondire alcune conoscenze apprese durante le lezioni universitarie.

Appendice A

La valutazione del rischio

La EN ISO 12100:2010 - *Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio*, norma tecnica di tipo A, fornisce i concetti fondamentali, principi di progettazione e aspetti generali di valutazione del rischio.

Questa norma è utilizzata come base per la preparazione di norme di sicurezza di Tipo B o C.

In fig. A.1 viene descritto schematicamente il processo finalizzato alla riduzione del rischio di cui la norma parla.

Si può notare che la valutazione del rischio si divide in diverse fasi:

1. **Analisi del rischio**, che prevede la determinazione:
 - dei limiti della macchina;
 - l'identificazione dei pericoli;
 - la stima del rischio.
2. **Ponderazione del rischio**, che compara il livello misurato e gli obiettivi di rischio (tali obiettivi sono dettati da norme, oppure da studi tecnici che ci aiutano a capire se gli obiettivi di riduzione rischio sono stati raggiunti).
3. Solo nel caso in cui la ponderazione del rischio risulta essere negativa sarà necessario passare alla fase di **riduzione del rischio**. La finalità di tale operazione è quella di eliminare il pericolo oppure di ridurre la gravità e la probabilità che questo accada. Le misure da adottare per raggiungere questo obiettivo devono essere applicate nella seguente sequenza, definita come metodo dei tre stadi:
 - Misure di protezione integrate nella progettazione;
 - Protezioni e/o misure di protezione complementari;
 - Informazioni per l'uso.

L'analisi del rischio è la fase più complessa dell'intero processo di valutazione. Per tale motivo è stato redatto il rapporto tecnico *ISO/TR 14121-2:2013 - Sicurezza del macchinario - Valutazione del rischio - Parte 2: Guida pratica ed esempi di metodi*.



Figura A.1: Schema semplificato del procedimento da utilizzare per la valutazione del rischio

A.1 Il rapporto tecnico ISO TR 14121

Il rapporto ISO/TR 14121 è una guida pratica per tutte le persone coinvolte nella progettazione, installazione e modifica del macchinario in tutte le sue fasi di vita. In particolare esso descrive i metodi diversi e gli strumenti da utilizzare al fine di stimare e ponderare il rischio in tutte le fasi di processo.

La scelta del metodo o dello strumento dipende dal settore, dall'azienda o dalle preferenze di chi effettua la valutazione del rischio.

La norma tecnica consiglia, in caso di necessità, la formazione di una squadra di valutazione. Tale squadra deve essere composta da persone preparate su diverse discipline ed eventi diverse esperienze e competenze.

La composizione della squadra, comunque sia, può variare a seconda della problematica e dal tipo di macchinario preso in esame.

A.2 Stima del rischio

L'obiettivo della stima del rischio è quello di determinare il massimo rischio possibile che una determinata situazione può creare. La stima viene indicata da un indice (oppure punteggio o livello) che viene calcolato in base alla gravità del danno e alla probabilità che tale danno si verifichi.

- **La gravità del danno:** Ogni pericolo può potenzialmente creare un danno più o meno grave. Nella valutazione deve essere preso in considerazione il danno più grave che può realisticamente verificarsi.
- **La probabilità del danno:** La probabilità deve essere calcolata considerando:
 - l'esposizione degli operatori al pericolo (tempo trascorso nella zona pericolosa, numero di persone che devono passare per la zona pericolosa, metodologia di accesso alla zona pericolosa ecc.);
 - la probabilità che si verifichi un evento pericoloso (studio dello storico degli infortuni e dei danni alla salute che si sono verificati nel tempo ecc.);
 - le possibilità attuabili per evitare o limitare il danno (es: inserendo nella zona pericolosa un personale qualificato e informato la probabilità che si verifichi il danno viene limitata).

Esistono vari metodi da poter impiegare per la stima del rischio; quelli riportati nel rapporto ISO/TR 14121-2 sono:

1. matrice del rischio;
2. grafico del rischio;
3. punteggio numerico;
4. combinazione di metodi (metodo ibrido).

Bibliografia

Direttiva Macchine 2006/42/CE, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 2006

CEI EN 60204-1:2018-09, *Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine. Parte 1: Regole generali*

TuttoNormel, *Equipaggiamento elettrico delle macchine*, Edizioni TNE, 2019

TuttoNormel, *La Direttiva Macchine*, Edizione TNE, 1996

TuttoNormel, *La Direttiva Macchine: problemi e soluzioni*, Edizione TNE, 1997

STAlab corsi interni, *Safety Machinery Expert (SME)*

Certifico srl, *ISO/TR 14121:2 Metodi per l'analisi del rischio*, 2017