Manutenzione del trasformatore di potenza

Oggi l'energia elettrica è la principale fonte utilizzata dall'industria moderna per il funzionamento delle aree produttive e anche a livello residenziale è un servizio indispensabile per lo svolgimento delle diverse mansioni della vita quotidiana; al fine di garantire che l'energia elettrica venga trasmessa da punto a punto e distribuita a ciascun utente, è necessario utilizzare apparecchiature elettriche.

Damiano Quinci

I trasformatori di potenza sono tra le apparecchiature più importanti nel processo di trasmissione di energia elettrica, sono apparecchiature incaricate di portare la tensione a valori adeguati per la sua trasmissione; il principio di funzionamento di un trasformatore si basa sulla conversione di una tensione di ingresso in una tensione di uscita, aumentandola o abbassandola; sono, pertanto, tra le apparecchiature più importanti quando si tratta di trasmettere energia elettrica, motivo per cui acquisirli e metterli in funzione richiede un elevato investimento economico, la loro giustificazione si vede nel momento in cui iniziano la loro messa in servizio e iniziano la loro la produzione, la realizzazione di nuovi impianti di generazione di energia contribuiscono in modo significativo allo sviluppo di un paese fornendo ai propri utenti un servizio migliore a un costo inferiore e a maggior ragione quando la richiesta di energia elettrica richiede la sua

massima capacità di lavoro, generalmente è di poche ore e si chiama “ore di punta”, è un periodo tempo in cui la richiesta di energia elettrica innalza al massimo i propri valori e cioè quando entra in gioco l’affidabilità del trasformatore che deve funzionare senza interruzioni, guasti e molto meno sovraccarichi. I trasformatori di potenza sono apparecchiature molto importanti per il costante sviluppo del mondo, la loro funzione è della massima importanza perché devono essere sempre mantenute in perfette condizioni; è fondamentale conoscere il comportamento dei trasformatori quando sono in funzione, poiché ci permette di determinare i periodi per programmare la manutenzione preventiva, che garantisce un funzionamento sicuro, continuo e di qualità. Le attività di manutenzione svolte sui trasformatori garantiranno prestazioni ottimali anche quando sono sottoposti a grandi carichi di lavoro, evitando guasti improvvisi in elementi critici o non critici, interruzioni di corrente o catastrofi importanti, che possono causare eventi (esplosioni, incendi, sovratensione, ecc.) fatale per le persone che transitano nello stesso settore in cui si trovano i trasformatori di potenza. Un’apparecchiatura che va improvvisamente fuori servizio avrà come conseguenza una serie di contrattempi che finiranno in disagio per le persone che usufruiscono del servizio che per il personale di manutenzione incaricato della sua continuità operativa; le perdite economiche a cui andranno incontro dipenderanno dall’evento, possono essere significative o semplicemente una manutenzione ordinaria correttiva, tutto dipende dallo stato del trasformatore. L’obiettivo della manutenzione è proprio quello di ridurre il verificarsi di tali guasti, sia riducendone il numero, sia diminuendone le conseguenze. Si dice che qualcosa non funziona quando non offre più il servizio che dovrebbe fornire o quando si verificano effetti indesiderati, secondo le specifiche di progetto con cui l’apparecchiatura è stata prodotta o assemblata. Un buon piano di manutenzione ci assicura un ambiente di lavoro sicuro ed efficiente in grado di operare in qualsiasi condizione.

OBIETTIVO E CONCETTO DI MANUTENZIONE

La manutenzione può essere definita come il controllo costante degli impianti o degli elementi, così come tutti i lavori di riparazione e di ispezione necessari per garantire il regolare funzionamento e il buono stato di conservazione di un impianto in generale.

L’obiettivo della manutenzione può essere riassunto nei seguenti punti:

- Evitare, ridurre e riparare i guasti dell’apparecchiatura.
- Ridurre la gravità dei guasti imprevedibili.
- Ridurre la percentuale di arresti intempestivi delle apparecchiature.
- Scoraggiare i problemi che disturbano la sicurezza delle persone.
- Mantenere gli obiettivi produttivi in ambienti operativi sicuri e prestabiliti.
- Ridurre gli oneri economici e le perdite dovute a guasti improvvisi.
- Raggiungere o prolungare la vita utile dell’apparecchiatura.

PROCEDURE DI MANUTENZIONE

Esistono diverse politiche di manutenzione:

- Manutenzione o sostituzione a tempo determinato prima del guasto:
  - Viene applicato quando la forma del cedimento di un elemento si basa esclusivamente sullo stato visibile.
  - Per eseguire questo metodo, è necessario attendere che l’elemento termini la sua vita utile o quando i costi di sostituzione e le conseguenze dirette o indirette sono inferiori alla mancata manutenzione.
- Manutenzione basata sulle condizioni
  -Si basa sulle particolarità che si verificano

quando un apparecchio è danneggiato e sul costo di manutenzione o sostituzione.
- Apparecchiature quali manometri, indicatori, sono considerate apparecchiature di facile sostituzione, quindi possono essere periodicamente controllate e la loro sostituzione non rappresenta un costo elevato.

■ Manutenzione per convenienza
- È applicabile per le attività svolte dopo che si è verificato un problema quando la manutenzione viene eseguita ad un orario fisso o secondo lo stato, ma gli elementi sono estranei al guasto principale.
- Questo metodo viene utilizzato per sistemi o dispositivi che sono difficili da sostituire, come l'olio e la carta siliconata, a causa degli elevati costi di arresto o di ripristino.

■ Funzionamento continuo fino al guasto e manutenzione correttiva
- Il modo base è quello di determinare il modo più economico per riabilitare l'unità in una condizione idonea per il funzionamento.
- Aspetti quali il costo per indisponibilità, il tempo di manutenzione rispetto alla sostituzione, l'esistenza dell'elemento sul mercato e il suo costo.

■ Manutenzione definitiva
- Nella manutenzione finale si propone di eliminare l'origine del guasto.
- Visibilmente, si tratta di un'applicazione ingegneristica piuttosto che di manutenzione. Ma regolarmente è responsabilità della manutenzione.

■ Tipi di manutenzione: classificazione generale
- Esistono diversi metodi di manutenzione, ognuno dei quali ha le proprie caratteristiche e tecniche di esecuzione; per eseguire il programma di manutenzione di un trasformatore è possibile impiegare diversi tipi di manutenzione a seconda del tipo di apparecchiatura, della quantità di lavoro a cui sarà sottoposto, delle raccomandazioni del costruttore, ecc.

■ Manutenzione predittiva del trasformatore
- Permette di conoscere e segnalare lo stato e la funzionalità dei dispositivi attraverso un gruppo di attività di ispezione e analisi costante, conoscendo i valori delle variabili che rappresentano lo stato e l'operatività.
- È necessario conoscere variabili (temperatura, vibrazione, consumo energetico, ecc.) e dove la loro variazione rivela la presenza di guasti.

■ Manutenzione preventiva del trasformatore
- L'obiettivo è quello di ridurre o evitare in qualche misura la riparazione attraverso una routine di ispezioni regolari e la sostituzione degli elementi danneggiati.
- Lo sviluppo di questo piano consiste in attività opportunamente programmate come: ispezioni visive (giornaliere, settimanali, mensili, ecc.), test sul campo, lavori di riparazione, ecc.

■ Manutenzione correttiva del trasformatore
- L'intervento sull'apparecchiatura viene effettuato quando il guasto si è già verificato. Questo è un atteggiamento passivo all'evoluzione dello stato dell'apparecchiatura, in attesa dell'avaria o del guasto.
- È adattabile ai componenti elettronici o a quelli per i quali è improbabile prevedere i guasti e ai processi che ne consentono l'interruzione in qualsiasi momento e per tutto il tempo necessario, senza compromettere la sicurezza, la funzionalità e la produzione del sistema.

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE DEL TRASFORMATORE

Data la crescente domanda di consumo e di qualità del servizio elettrico nel paese, gli enti responsabili della fornitura e della

manutenzione dello stesso si trovano oggi ad affrontare una sfida più grande che in passato. Pertanto, al fine di mantenere la fornitura continua di energia, è indispensabile avere una conoscenza dettagliata dello stato dei trasformatori e degli altri dispositivi dell'impianto. Attraverso l'elaborazione di un piano di manutenzione è possibile ridurre quasi a zero i possibili guasti che causano l'arresto dell'impianto elettrico, è indispensabile conoscere lo stato degli elementi che compongono il trasformatore, questo lo si ottiene attraverso ispezioni, monitoraggi e registrazioni periodiche, anche attraverso prove sul campo; o se necessario in prove più analitiche sviluppate in laboratori specializzati.

L'analisi dei risultati delle prove sul campo eseguite ci permette di determinare lo stato e il comportamento degli elementi interni del trasformatore, informazioni che insieme ai dati di fabbrica di ogni elemento e alle raccomandazioni del costruttore sono necessarie per l'elaborazione del piano di manutenzione. La definizione dei periodi di manutenzione è l'obiettivo principale e per far ciò è necessario seguire una serie di criteri e norme stabilite dai costruttori, che servono da guida per la precisa strutturazione del piano. Per elaborare un programma di manutenzione è estremamente importante che il piano di manutenzione sia terminato, la differenza tra un piano di manutenzione e un programma di manutenzione è che un piano si basa sulle attività di lavoro che vengono svolte, il periodo di queste manutenzioni può essere giornaliero, settimanale, mensile, ecc. Un programma di manutenzione, invece, indica la data esatta in cui verrà effettuata la manutenzione, il tipo di attività che verrà eseguita, il tempo necessario; il programma di manutenzione è molto più completo in quanto può includere la quantità di personale necessario per ogni attività e gli strumenti o attrezzature che verranno utilizzati e una serie di aspetti che possono essere aggiunti al programma con lo scopo di rendere il lavoro più veloce ed efficiente. Il piano di manutenzione è fondamentale quando si tratta di sviluppare un programma di manutenzione, poiché ci dà la possibilità di stabilire criteri come la descrizione dell'attività insieme alle raccomandazioni, così come la durata di ogni lavoro. Una volta raccolte tutte le informazioni necessarie, è possibile elaborare un programma di manutenzione preventiva in cui entrano in gioco anche i criteri dell'esperto per ottenere una spesa redditizia con risultati in termini di realizzazione.

VANTAGGI E SVANTAGGI DEL PIANO DI MANUTENZIONE DEL TRASFORMATORE

- Conoscere lo stato e monitorare il processo di invecchiamento di un trasformatore è

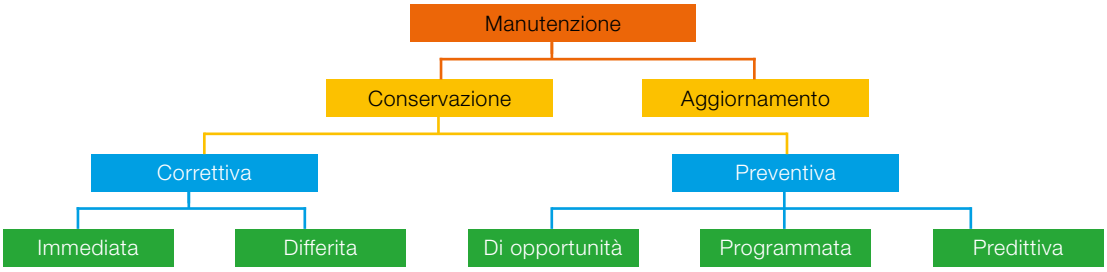

Figura 1 - Classificazione dei programmi di manutenzione.

importante per specificare quando è il momento di rimuoverlo dal servizio.

- In questo modo si evita di mettere fuori uso l'apparecchiatura prima che la sua vita utile sia terminata, evitando perdite e facendo il miglior uso possibile delle risorse.
- Ci aiuterà a determinare quando un'apparecchiatura deve essere messa fuori servizio, evitando guasti improvvisi che causano perdite economiche significative quando i problemi derivano da essa ad altri elementi estranei al guasto principale.
- La vita utile dei trasformatori si basa su diversi aspetti quali la qualità degli elementi con cui sono stati realizzati, se la manutenzione è stata eseguita o meno e se questi sono stati eseguiti o meno in tempo, l'ambiente e i rischi che lo circondano, l'intensità di lavoro e gli effetti secondari come i cortocircuiti, le sovratensioni, ecc. Quindi la necessità di avere un programma di manutenzione attraverso il quale avremo un'idea del comportamento dell'apparecchiatura, così come del suo tempo di vita rimanente.
- Uno dei principali svantaggi dell'elaborazione di un programma di manutenzione è il costo economico, molte volte c'è stata la necessità di dare manutenzione ad elementi o attrezzature che non la richiedono, questo per conoscere lo stato e stabilire il periodo di lavoro.
- C'è la possibilità che una manovra sbagliata da parte dello specialista tecnico possa causare danni agli elementi vicini o addirittura arrestare tutta la produzione di energia.

CRITERI PER L'ELABORAZIONE DI UN PIANO DI MANUTENZIONE

Classificazione e identificazione delle apparecchiature

Gli elementi possono essere suddivisi in critici e non critici, quelli critici sono indispensabili per la funzionalità del trasformatore, cioè se si verificasse un guasto imprevisto l'apparecchiatura andrebbe fuori servizio, causando disagio e perdite economiche incalcolabili a seconda del tipo di problema; gli elementi non critici sono i dispositivi che pur subendo un guasto o un'avaria non interrompono la produzione dell'impianto.

Raccolta di informazioni

Le informazioni sono ottenute attraverso ispezioni periodiche degli elementi critici e non critici del sistema; per compilare tutti i manuali di funzionamento, i protocolli, le norme, le raccomandazioni, i rapporti dei risultati dei test di fabbrica e tutte le informazioni relative ad ogni elemento che forniscono dati importanti per conoscere il comportamento dello stesso; le raccomandazioni delle esperienze dei tecnici di manutenzione.

Scelta della politica di manutenzione

Si può stabilire la politica migliore per ogni elemento:

- Identificare le politiche che sono sicure
- Prendere la decisione di quale sia il più conveniente.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Al fine di migliorare le condizioni di vita e di lavoro occorre sempre la valutazione del rischio sul posto di lavoro e analizzare sistematicamente il lavoro in tutti i suoi aspetti, al fine di individuare situazioni o attività che possono causare effetti indesiderati, come incidenti, malattie o disordini.

Tipi di valutazione

Ci sono due tipi di valutazione che dovrebbero essere considerati:

- Valutazione del luogo di lavoro: questo tipo si concentra principalmente sul

miglioramento dell'ambiente di lavoro, cioè dell'ambiente fisico e chimico, della coordinazione, dell'organizzazione, della sicurezza e della pressione mentale. Non sono necessari rapporti o riunioni, a meno che non siano richiesti.

- Valutazione del rischio: La differenza principale è che si tratta essenzialmente di valutare e quantificare i rischi, con l'obiettivo di quantificarli per decidere e stabilire le priorità. Questa valutazione si concentra di solito su un presupposto, come l'esplosione di un serbatoio di trasformatori o l'emissione di sostanze tossiche.

Per l'adempimento dell'obbligo di ciascun datore di lavoro di garantire la sicurezza e la salute dei lavoratori, la valutazione dei rischi sarà uno strumento per aiutare a prendere misure appropriate a beneficio.
Questi sono alcuni degli aspetti che si ottengono con la valutazione del rischio:

- stabilire i fattori potenzialmente pericolosi nell'area di lavoro e determinare l'impatto delle conseguenze.
- Assistere nella scelta corretta degli elementi e dell'ambiente in cui lavorare.
- Stabilire nuove misure, se necessario, in seguito alla valutazione.
- Registrare le misure preventive utilizzate.
- Verificare che queste misure preventive utilizzate siano efficaci.

ANALISI DEL RISCHIO

L'analisi dei rischi si basa sul riconoscimento dei pericoli relativi ad ogni fase del tecnico o del dipendente e quindi sulla valutazione dei rischi tenendo conto delle possibilità e delle conseguenze nel caso in cui il rischio si concretizzi.
La stima del Rischio (*R*) è stabilita dal risultato della Frequenza (*F*) o della Probabilità (*P*) che qualche rischio causi un problema, dalla gravità della Conseguenza (*C*) che si genera.

$$R = F \cdot C \text{ oppure } R = P \cdot C$$

La valutazione dei rischi comprende le seguenti fasi:

- Analisi dei rischi, che comprende l'identificazione dei rischi, l'identificazione dei lavoratori esposti ai rischi derivanti dagli elementi pericolosi e una valutazione qualitativa o quantitativa dei rischi esistenti.
- Valutazione del rischio, analizzando se il rischio può essere eliminato e quando non può essere eliminato. Occorre decidere se sono necessarie ulteriori azioni per ridurre gli effetti.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO

La valutazione del rischio consiste nell'analisi dei metodi di controllo, che richiedano o meno modifiche. Ci sono diversi tipi di valutazioni a seconda del rischio.

- Banale (B): Non è richiesta alcuna attività dettagliata.
- Tollerabile (TO): L'azione preventiva viene mantenuta, è necessario pensare a risorse più adeguate laddove la parte economica non è interessata.
- Moderato (M): Si adottano azioni per ridurre il rischio e si stabiliscono le spese. Le azioni devono essere applicate entro un periodo di tempo prestabilito.
- Importante (I): Non è possibile iniziare il lavoro senza che il rischio sia ridotto nella sua interezza. Sono regolarmente necessarie risorse elevate per calmare la situazione.
- Intollerabile (IN): Il lavoro non può essere avviato e se è già in corso non può essere continuato fino a quando il rischio non sarà stato completamente ridotto.

VALUTAZIONE DEI RISCHI PER LA SICUREZZA DEI TRASFORMATORI

Esistono innumerevoli procedure per la valutazione del rischio di un trasformatore, da semplici procedure basate sull'esperienza

dei lavoratori stessi, a procedure quantitative basate su metodi statistici per la determinazione della frequenza, il calcolo dei danni e altri calcoli avanzati. Attraverso la valutazione del rischio saremo in grado di stabilire l'entità del guasto che si è verificato o che potrebbe verificarsi in alcuni casi, cioè in che misura il suo effetto si è propagato, ogni elemento confinante deve essere controllato per determinare il suo stato e vedere se non ha subito danni; calcoli scientifici specializzati dovranno essere utilizzati per determinare e garantire se una parte dell'apparecchiatura è stata colpita o meno, evitando così successivi guasti.

Affinché la valutazione del rischio sia possibile, deve essere prima effettuata una valutazione del rischio che consiste in:

- Riconoscimento dei rischi presenti o che possono essere presentati alle persone, ai beni e all'ambiente all'interno dell'impianto
- Classificare i rischi in una serie di incidenti con possibilità di accadimento.
- Stabilire l'entità dei danni causati dagli incidenti.
- Determinazione delle aree vulnerabili.
- Analisi delle cause degli incidenti tenendo conto della periodicità e della stima dei danni che possono causare.
- Stabilire misure di protezione e prevenzione per evitare conseguenze.
- Determinare il livello di rischio associato agli impianti.

Una volta effettuata la valutazione dei rischi e le ispezioni per la verifica dei punti sopra citati, è necessario analizzare ciascuno di questi aspetti e, insieme agli esperti, raggiungere un'adeguata risoluzione sia nella parte economica che in quella tecnica. Naturalmente, queste conclusioni saranno sempre a favore dell'integrità e della funzionalità del trasformatore, il tutto con l'obiettivo di garantire che la sicurezza delle apparecchiature non sia influenzata da rischi potenzialmente letali.

CONCLUSIONI

Attraverso un piano di manutenzione opportunamente elaborato ed eseguito otterremo migliori risultati nelle prestazioni delle apparecchiature o degli elementi, prolungando la vita degli stessi per evitare sostituzioni o manutenzioni premature o improvvise, questo avvantaggerà notevolmente per il budget economico riducendo i costi e i rischi. Le conseguenze di un piano di manutenzione si riflettono dopo un periodo di tempo dalla data di inizio del piano, cioè i suoi risultati non sono immediati perché le parti o le apparecchiature hanno una durata di vita stimata, quindi ogni elemento dee essere monitorato registrandone il comportamento per la sua successiva analisi e per poter determinare i periodi di manutenzione.

Per elaborare un piano di manutenzione è essenziale seguire le regole e le raccomandazioni dei produttori di ogni apparecchiatura o elemento che ci permetterà di avere una migliore conoscenza del loro comportamento. Pertanto, quando verrà preparato il piano di manutenzione, avremo un'idea chiara dei possibili periodi a cui l'apparecchiatura o l'elemento dovrà essere sottoposto. È importante un'analisi dettagliata delle registrazioni dei guasti che sono state fornite, questo servirà anche a determinare il tempo che intercorre tra ogni manutenzione.