



# TRASFORMATORI INDUSTRIALI IMMERSI IN LIQUIDO ISOLANTE

Per impianti metallurgici, siderurgici, chimici, produzione del vetro e VSD



TRANSFORMING THE FUTURE

SEA progetta e produce trasformatori idonei sia per la semplice applicazione industriale che per processi con elevate correnti secondarie ed alto contenuto armonico, posizionandosi tra le aziende leader del settore dal 1959.

## IQTRAFOTEC®

Soluzioni costruttive innovative, processi moderni e tecnologicamente all'avanguardia, controlli capillari durante tutta la catena progettuale e realizzativa assicurano la qualità totale del prodotto.

SEA ha instaurato procedure a garanzia della TOTAL QUALITY dei propri prodotti basandosi e adattando il proprio know-how a processi di fabbricazione innovativi e a procedure di controllo stringenti.

Questo tipo di tecnologia è stato da SEA identificato col nome IQTRAFOTEC® come marchio a garanzia di un impegno continuo al miglioramento del prodotto e alla sua realizzazione, considerando 4 ambiti principali:

- Sicurezza dell'ambiente di lavoro
- Qualità del prodotto
- Risparmio dei materiali e riduzione degli sprechi
- Minor impatto ambientale in fase di realizzazione, manutenzione e post utilizzo

## QUALITÀ UNIVERSALE



### MANAGEMENT SYSTEM

La Qualità dei nostri prodotti è ottenuta da processi continuamente perfezionati, fondendo l'esperienza nel settore elettromeccanico dal 1959 con le più moderne tecnologie, e omologati in accordo con le più importanti Normative riguardanti il Sistema Gestione Qualità EN ISO 9001, Ambientale EN ISO 14001 e Sicurezza (OHSAS 18001).

sono conformi alle Normative IEC e DIN, con la possibilità di corrispondenza ad altri Standard Internazionali o a Capitolati del Cliente (BS, ANSI, IEEE, GOST, etc...).



### QUALITÀ PRODUTTIVA

L'alta affidabilità dei prodotti deriva da una continua perseveranza nel raggiungimento di elevati standard qualitativi durante tutte le fasi della "Supply Chain".

In particolar modo durante i cicli produttivi vi è un rigoroso rispetto dei parametri di controllo implementati, i quali garantiscono sia l'idoneità dei componenti assemblati che le performance del prodotto finito, il tutto anche attraverso test effettuati nei nostri laboratori interni equipaggiati con le più moderne strumentazioni disponibili per effettuare test di tipo o speciali in caso il Cliente lo richieda.



### ASPETTO AMBIENTALE

La ricerca costante di miglioramento dell'efficienza si fonde con la ricerca di diminuire al minimo gli impatti ambientali.

Questo è un altro punto fondamentale su cui SEA incentra la sua politica aziendale. Tutto ciò impatta sia sul processo costruttivo che sulle proposte realizzative dei nostri trasformatori OTN/OTR/OTF. L'utilizzo di un trasformatore, come tutti sappiamo, può comportare in caso di guasto, dei rischi di gravi impatti ambientali, come ad esempio varie fuoriuscite di olio o incendio.

Proprio in ottica di riduzione di questi gravi rischi, SEA si è focalizzata sui più efficaci sistemi di sicurezza assemblati sui trasformatori stessi e sulla tipologia di liquidi isolanti utilizzati per il loro riempimento, che a richiesta possono essere anche biodegradabili.

Impianti per la produzione di alluminio, rame, prodotti chimici, leghe, vetro e tutti gli altri impianti metallurgici pesanti necessitano di trasformatori altamente affidabili per resistere alle considerevoli sollecitazioni alle quali sono interessati.

SEA è in grado di produrre sia trasformatori monofase che trifase per forni elettrici ad arco AC (EAF), forni siviera (LF), forni di riduzione (industria metallurgica) e per applicazioni speciali, nonché forni DC (solitamente installati in combinazione con un raddrizzatore).

Altri trasformatori prodotti da SEA per fini industriali sono trasformatori per convertitori con un singolo o più secondari (6-12-18-24-36-48 fino a 72 pulse).

Questa tipologia di trasformatori, così come quelli utilizzati per azionamenti e motori di grandi dimensioni, sono definiti "Trasformatori per il settore Industriale", il cui design viene rigorosamente personalizzato di progetto in progetto.



## TRASFORMATORI PER FORNI AC

### TRASFORMATORI EAF E LF

I trasformatori utilizzati per Forni ad Arco Elettrico (EAF) e per Forni Siviera (LF) sono costruttivamente differenti dagli altri trasformatori di potenza e il loro design deve prendere in considerazione soluzioni specifiche adatte alle varie criticità che sono interessate:

- Correnti secondarie molto elevate
- Basse tensioni secondarie
- Pesanti fluttuazioni di corrente
- Transitori di inserzione
- Corto circuiti
- Sbilanciamenti e sovraccarichi
- Stress dielettrici, termici e meccanici
- Ambienti polverosi e contaminati
- Vibrazioni

I trasformatori per Forni ad Arco Elettrico sono utilizzati in processi metallurgici, quali:

- Forni per l'acciaio, in applicazioni con severi archi elettrici (EAF)
- Forni siviera (LF), solitamente in combinazione con forni ad arco
- Forni di riduzione per le leghe del ferro e simili (ferro-silicone, silicio metallico, ferro-manganese, ferro-nichel, ferro-cromo) con arco corto e sommerso
- Forni di riduzione per metalli non ferrosi
- Altri forni per scopi speciali per la produzione di materiale elettrodico, forni ad arco sommerso (SAF), elettroslag refining (ESR) e forni fusori per la produzione di leghe metalliche

I trasformatori utilizzati nelle acciaierie operano in condizioni severe dovute alle sovracorrenti e alle sovratensioni generate dai cortocircuiti nel forno e dall'interruttore AT sebbene i carichi siano più continui se comparati con altre applicazioni



## DESIGN

I trasformatori EAF prodotti da SEA sono progettati per resistere a ripetute condizioni di cortocircuito, elevate sollecitazioni termiche e sovratensioni operative.

Le seguenti opzioni sono disponibili:

- Regolazione diretta o indiretta
- Commutatore sotto carico (OLTC) o a vuoto (NLTC / OCTC) installato lato AT (la tensione secondaria viene solitamente regolata attraverso un OLTC posizionato negli avvolgimenti di AT o tramite un circuito intermedio a doppio nucleo (regolazione booster) all'interno della stessa cassa del trasformatore)
- Sistema di raffreddamento ad aria oppure ad acqua
- Sistema monofase o trifase
- Differente tipologia di uscita lato secondario (barre in rame o sistema tubolare per raffreddamento ad acqua)
- Chiusura a triangolo del secondario di BT eseguita o internamente o esternamente alla cassa
- Uscite lato BT o su una parete laterale della cassa o sul coperchio



## DATI ELETTRICI

Potenza Nominale: fino a 120 MVA

Corrente Nominale Lato Secondario: fino a 100 kA

## MODALITÀ DI REGOLAZIONE DELLA TENSIONE

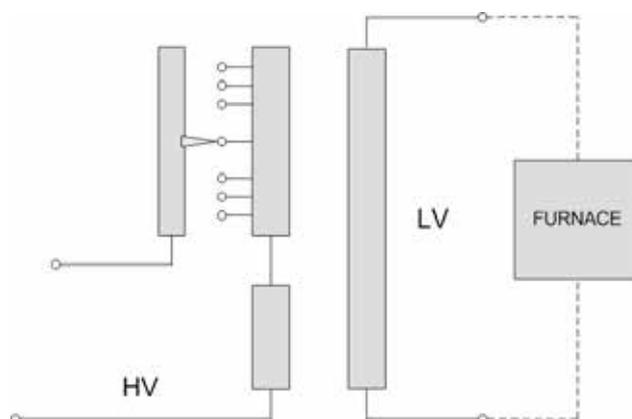
### REGOLAZIONE DIRETTA (REGOLAZIONE A FLUSSO VARIABILE)

Le prese di commutazione solitamente sono poste all'estremità del neutro dell'avvolgimento primario.

Questa configurazione è la più vantaggiosa perché consente di utilizzare un solo nucleo magnetico che significa riduzione di peso e perdite.

Lo svantaggio è legato agli step di commutazione che non sono costanti tra loro.

I trasformatori possono essere dotati di uno switch stella-triangolo aggiuntivo (in questo modo si ottiene un range più ampio per la tensione secondaria).

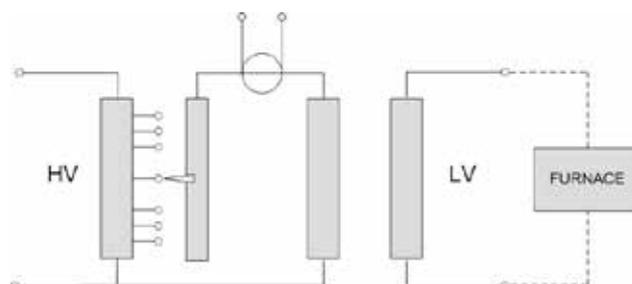


### REGOLAZIONE ATTRAVERSO UN AUTOTRASFORMATORE

Attraverso questa configurazione è semplice ottenere un sistema con piccoli valori e step uguali, a differenza delle configurazioni precedenti. Viene utilizzato in applicazioni dove sono presenti forni di più grandi dimensioni. L'autotrasformatore riduce la tensione al livello dell'avvolgimento primario del trasformatore da forno.

I nuclei sono due, posizionati nella stessa cassa oppure in casse separate.

Anche in questo caso c'è la massima flessibilità del costruttore in quanto può scegliere il commutatore più idoneo.



### REGOLAZIONE ATTRAVERSO UN TRASFORMATORE AUSILIARIO (REGOLAZIONE BOOSTER)

Questa soluzione (design a doppio nucleo) viene utilizzata nelle applicazioni dove sono previsti forni di media e grande dimensione.

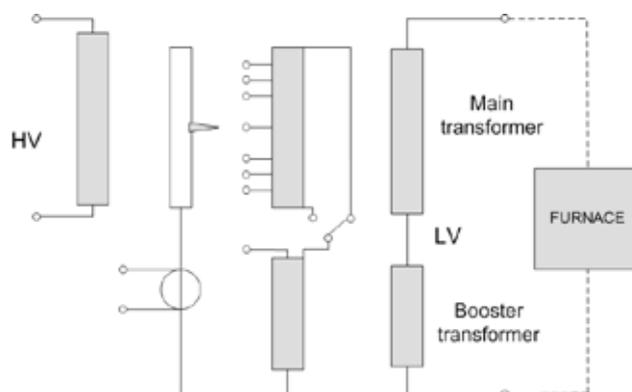
Il trasformatore booster incrementa l'output della tensione secondaria fissa del trasformatore principale.

Il commutatore è installato nell'avvolgimento terziario.

I valori di tensione e corrente del terziario vengono selezionati dal costruttore del trasformatore: questa metodologia offre un'ottimizzazione delle condizioni operative di commutazione.

Il costruttore ha inoltre il vantaggio che può selezionare il commutatore in maniera più fine.

Possono essere inoltre ottenute tensioni multiple; un'opzione potrebbe essere l'utilizzo di un reattore in serie con l'OLTC.



## TRASFORMATORI PER FORNI DC

I più grandi forni ad arco DC sono costruiti per la produzione di acciaio, dalla fusione dei rottami metallici.

L'uso di un raddrizzatore a tiristori riduce il fabbisogno di un OLTC e un NLTC può essere in gran parte adeguato poiché le tensioni dei gradini sono maggiori rispetto a quelle di un trasformatore per forni AC.

Questi trasformatori EAF per l'applicazione a forno DC devono resistere a:

- Stress dovuto alle operazioni del forno
- Stress relativo alle operazioni del raddrizzatore/convertitore, che includono le correnti armoniche generate
- Frequenti sovratensioni di commutazione (dalle quali il lato AT deve essere adeguatamente protetto)

### DESIGN

Solitamente questi trasformatori hanno una struttura con:

- 2 avvolgimenti BT è posizionato assialmente, uno collegato a triangolo e uno a stella
- Sistema a singolo o doppio secondario (6 o 12 pulse); in questo design a doppio secondario, il trasformatore è collegato a un sistema a 12 impulsi o a due sistemi a 6 impulsi paralleli
- Sistema di raffreddamento ad aria o ad acqua
- Giogo intermedio per struttura a doppia bobina sovrapposta assialmente
- Regolazione attraverso un commutatore lato AT o di tipo a vuoto o sotto carico
- Differenti opzioni di uscita lato secondario
- Uscite degli isolatori / barre o sul coperchio o lateralmente alla cassa

Un fattore importante da prendere in considerazione in questo tipo di trasformatori è il surriscaldamento localizzato.

Il range di tensione è elevato e varia da zero a diverse centinaia di Volt.



# TRASFORMATORI PER RADDRIZZATORI

## per applicazioni DC ed Elettrolisi (Alluminio)

Sono utilizzati per fornire ponti raddrizzatori in applicazioni DC e in varie applicazioni riguardanti l'elettrolisi (metalli come alluminio, magnesio, rame e zinco o prodotti chimici come il cloro).

L'elettrolisi viene considerata essere un processo continuo e stabile, ma con un carico elevato e costante e presenza di importanti armoniche. In combinazione con raddrizzatori a tiristori o diodi, questi trasformatori formano il collegamento tra i sistemi AC e DC dell'impianto industriale. Il loro sviluppo e la loro costruzione richiede una vasta esperienza e un profondo know-how in quanto questi trasformatori si trovano di fronte ad elevate correnti operative e una notevole quantità di contenuto armonico.

La forma d'onda della corrente distorta è dovuta al convertitore che causa perdite e temperature più elevate nel trasformatore.

### DESIGN

Ci sono vari fattori da prendere in considerazione in questa tipologia di trasformatori e sono possibili differenti varianti:

- In caso di tiristore raddrizzatore, regolazione via commutatore a vuoto (NLTC)
- In caso di raddrizzatore a diodi con un grande numero e range di gradini di tensione nel trasformatore, regolazione via commutatore sotto carico (OLTC)
- Disposizione degli avvolgimenti BT in modo da ridurre al minimo i punti caldi e le armoniche
- Disposizione delle uscite BT adattate alla tipologia ed esigenza del raddrizzatore
- Varie configurazioni disponibili in una singola unità: ponte singolo, doppio ponte, etc.
- Diverse opzioni relative al numero di secondari (6, 12...fino a 72 pulse design)
- Diverse opzioni relative ai gruppi vettoriali
- Design degli avvolgimenti con sfasatori
- Regolazione tramite un autotrasformatore nella stessa cassa del trasformatore oppure un OLTC che opera sulle prese degli avvolgimenti primari in modo tale da ottenere una regolazione di tensione grossolana
- Reattori saturabili disponibili nella stessa cassa in modo da ottenere una regolazione di tensione fine
- Particolare attenzione al sistema di raffreddamento per evitare elevate perdite dovute alle correnti parassite causate dalle armoniche del raddrizzatore



### DATI ELETTRICI

Potenza Nominale: fino a 80 MVA  
Corrente Nominale Lato Secondario: fino a 50 kA

## TRASFORMATORI PER CONVERTITORI

### per azionamenti / Variable Speed Drives (VSD)

La principale differenza tra questa tipologia di trasformatori e le altre è relativa alle correnti di carico, le quali contengono un maggiore contenuto di armoniche dovuto alla forma d'onda distorta.

Combinati con un convertitore di frequenza forniscono l'ingresso per azionamenti a velocità variabile (VSD).

Questi azionamenti sono utilizzati per controllare la velocità di rotazione dei motori elettrici in molte applicazioni industriali come pompe, ventilatori, compressori, nastri trasportatori, laminatoi, macchine per la carta e in una vasta gamma di macchine utilizzate in produzione e in altri settori industriali.

Costruiti principalmente con design a doppi avvolgimenti sovrapposti, consentono il funzionamento a 12 / 24 impulsi.

Nei piccoli trasformatori immersi in liquido isolante viene normalmente utilizzato il raffreddamento naturale (ONAN).

Nelle unità più grandi il raffreddamento è in gran parte ottenuto mediante circolazione forzata di olio e acqua (OFWF) o olio e aria (OFAF) tramite un cooler collegato da tubi di olio al serbatoio del trasformatore.

Nel caso del raffreddamento OFWF, viene solitamente fornito un sistema ridondante.

Ognuno di essi viene progettato rigorosamente per ridurre adeguatamente le perdite totali del trasformatore, in modo tale che il trasformatore possa essere mantenuto in funzione a pieno carico in caso di guasto di un cooler o delle sue apparecchiature ausiliarie.

#### DESIGN

In questa tipologia di trasformatori esistono delle principali opzioni a seconda delle esigenze di progetto:

- Design con doppi o multipli avvolgimenti sovrapposti
- Design con presenza di sfasatori
- Commutatore OLTC o NLTC
- Avvolgimento aggiuntivo usato come filtro per le armoniche
- Schermo elettrostatico tra primario e secondario
- Raffreddamento ad aria o ad acqua.

#### DATI ELETTRICI

Potenza Nominale: fino a 120 MVA

Funzionamento: fino a 72 pulse app.



**TRASFORMATORE TRIFASE  
CON REGOLAZIONE A FLUSSO VARIABILE PER FORNO AC EAF**
**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	25000	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	2	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	33	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	120 ÷ 220	V
Gruppo vettoriale:	Star + N / Open Phase	
Livello di isolamento al I°:	36 / 70 / 170	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (4+4 tubi in rame adatti alla circolazione interna dell'acqua di raffreddamento, posizionati sul lato lungo della cassa del trasformatore)	
Corrente di uscita lato BT:	91000	A

**NOTE TECNICHE SPECIALI**

La regolazione è ottenuta tramite flusso variabile con un OLTC sugli avvolgimenti di AT, completo di comando motore e relè di flusso olio.

Il campo di regolazione è ottenuto da 22 step e 23 posizioni di tensione sul lato BT.


**TRASFORMATORE TRIFASE  
PER ACCIAIERIA (INSTALLATO A 2500 M.A.S.L.)**
**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	80000 / 100000	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	2	
Raffreddamento:	ONAN / ONAF	
Fn:	60	Hz
Tensione primaria a vuoto:	230	kV
N° di avvolgimenti secondari:	1	
Tensione secondaria a vuoto:	34500	V
Gruppo vettoriale:	YNd11	
Livello di isolamento al I°:	3245/460/1050 - 850	kV
Livello di isolamento al neutro:	123/230/550	kV
Livello di isolamento al II°:	38 / 70 / 170	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00 (N° 3+1 isolatori olio/aria)	
Grado di protezione lato secondario:	IP55 (N° 3 isolatori olio/aria)	



## TRASFORMATORE TRIFASE PER FORNO DC (COPPER REFINING)

### DATI ELETTRICI

Potenza nominale:	8570	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	2	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	25	kV
Tipologia di commutatore lato primario:	OLTC	
Tensione secondaria a vuoto:	(189 - 171 - 151 - 132 - 112 - 91) aggiustabile via OLTC	V
Gruppo vettoriale:	Yy0	
Livello di isolamento al I°:	36 / 70 / 170	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 10	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00 (3 plug-in connex, posizionati sul lato corto della cassa)	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (sbarre di rame piatte e forate, posizionate sul lato lungo della cassa del trasformatore)	
Corrente di uscita lato BT:	20500	A



## TRASFORMATORE TRIFASE (TWO SEPARATED CONVERTER UNIT) CON AUTOTRASFORMATORE DI REGOLAZIONE

### DATI ELETTRICI

Potenza nominale:	8055	kVA
Secondary 21/22 rating power:	4027 / 4027	
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	3	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	20	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	(35 ÷ 76 - 35 ÷ 76)	V
Gruppo vettoriale:	Dd0 - Yd1	
Livello di isolamento al I°:	24 / 50 / 145	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / -- / 1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (6 + 6 barre di fase, posizionate sul lato lungo della cassa)	
Corrente di uscita lato BT:	2 x 31000	A



### NOTE TECNICHE SPECIALI

Questo trasformatore ha un design a doppio avvolgimento sovrapposto (Dd0 - Yd1) e un autotrasformatore di regolazione nella stessa cassa.

La regolazione è ottenuta tramite autotrasformatore e OLTC, completo di comando motore e relè di flusso olio.

Il range di regolazione è ottenuto da 16 step equidistanti e 17 posizioni.

**TRASFORMATORE TRIFASE (RECTIFIER TYPE)  
PER FORNO AD INDUZIONE**

**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	5300	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	2650 / 2650	
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	3	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	11	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	600 - 600	V
Gruppo vettoriale:	Dy11d0	
Livello di isolamento al I°:	17,5 / 38 / 95	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / -- / 1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00	
Grado di protezione lato secondario:	IP00	



**TRASFORMATORE TRIFASE (RECTIFIER TYPE)  
CON AUTOTRASFORMATORE DI REGOLAZIONE**

**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	15235	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	7886 / 7886	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	3	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	60	Hz
Tensione primaria a vuoto:	13,2	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	(557 ÷ 222 - 557 ÷ 222)	V
Gruppo vettoriale:	Dd0,y11	
Livello di isolamento al I°:	17,5 / 38 / 95	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / -- / 1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP54	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (3 + 3 barre di fase, posizionate sul lato lungo della cassa)	



**NOTE TECNICHE SPECIALI**

Questo trasformatore ha un design a doppio avvolgimento sovrapposto (Dd0 - Yd11) e un autotrasformatore di regolazione nella stessa cassa. La regolazione è ottenuta tramite autotrasformatore e OLTC, completo di comando motore e relè di flusso olio. Il range di regolazione è ottenuto da 16 step equidistanti e 17 posizioni.

### TRASFORMATORE TRIFASE (RECTIFIER TYPE) CON AVVOLGIMENTO TERZIARIO

#### DATI ELETTRICI

Potenza nominale:	4300 / 2x2150 / 4300	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	2150 / 2150 + terziario	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	4	
Raffreddamento:	ONAN	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	6	kV
Tipologia di commutatore lato primario:	NLTC	
Tensione secondaria a vuoto:	531 - 2x185	V
Gruppo vettoriale:	Dd0, y11-Dd0	
Livello di isolamento al I°:	12 / 28 / 75	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (3x3 barre di fase, posizionate sul coperchio)	



### TRASFORMATORE TRIFASE (RECTIFIER TYPE) CON AUTOTRASFORMATORE DI REGOLAZIONE

#### DATI ELETTRICI

Potenza nominale:	7720	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	3860 / 3860	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	3	
Raffreddamento:	OFWF	
Fn:	50	Hz
Tensione primaria a vuoto:	30	kV
Tipologia di commutatore lato primario:	OLTC	
Tensione secondaria a vuoto:	303 ÷ 180	V
Gruppo vettoriale:	ATR + Dd0,y11	
Livello di isolamento al I°:	36 / 70 / 170	kV
Livello di isolamento al II°:	1,1 / 3 / --	kV
Grado di protezione lato primario:	IP00	
Grado di protezione lato secondario:	IP00 (2x3 barre di fase, posizionate sul lato lungo della cassa)	

#### NOTE TECNICHE SPECIALI

Questo trasformatore ha un design a doppio avvolgimento sovrapposto e un autotrasformatore di regolazione nella stessa cassa. La regolazione è ottenuta tramite autotrasformatore e OLTC con 16 posizioni, completo di comando motore e relè di flusso olio.



**TRASFORMATORE TRIFASE CON AVVOLGIMENTI SOVRAPPOSTI  
PER CYCLOCONVERTER (12 PULSE APP.)**

**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	16150	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	8075 / 8075	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	2	
Raffreddamento:	ONAN / ONAF	
Fn:	60	Hz
Tensione primaria a vuoto:	33	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	2485 - 2485	V
Gruppo vettoriale:	Dd0y5	
Livello di isolamento al I°:	38,5 / 95 / 250	kV
Livello di isolamento al II°:	7,2 / 20 / 60	kV
Grado di protezione lato primario:	IP55	
Grado di protezione lato secondario:	IP55	



**TRASFORMATORE TRIFASE (CONVERTER TYPE)  
REALIZZATA DA DUE TRASFORMATORI NELLA STESSA CASSA**

**DATI ELETTRICI**

Potenza nominale:	27136	kVA
Potenza nominale lato secondario 21/22:	13568 / 13568	kVA
N° di fasi:	3	
N° di avvolgimenti per fase:	3	
Raffreddamento:	ONAN	
Fn:	54,2 ÷ 77,6	Hz
Tensione primaria a vuoto:	18	kV
N° di avvolgimenti secondari:	2	
Tensione secondaria a vuoto:	960 - 960	V
Gruppo vettoriale:	Dd0,y11	
Livello di isolamento al I°:	24 / 50 / 125	kV
Livello di isolamento al II°:	7,2 / 20 / 60 / 7,2 / 20 / 60	kV
Grado di protezione lato primario:	IP55 (connessioni posizionate sul lato lungo della cassa)	
Grado di protezione lato secondario:	IP55 (connessioni sul coperchio)	



**NOTE TECNICHE SPECIALI**

Due trasformatori (due nuclei indipendenti) nella stessa cassa per evitare qualsiasi accoppiamento magnetico tra i secondari.

Idoneo per operazioni da 77,6 Hz fino a 54,2 Hz, con la stessa tensione di alimentazione.

**Tenuta al Corto Circuito Dinamico presso laboratorio esterno superata.**

## CALCOLO ELETTROMAGNETICO E MECCANICO

Il Design è il primo e il più importante step nella costruzione di un trasformatore per applicazioni industriali speciali: richiede uno studio dettagliato di tutti i requisiti per definire correttamente i parametri fondamentali secondo cui deve essere costruito.

Il calcolo di ciascun trasformatore viene eseguito tenendo conto delle specifiche del cliente e dello standard applicabile pertinente (IEC, ANSI e / o altre come DEFU, TR1-10E, etc..).

Il primo passo è identificare i parametri fondamentali come potenza, rapporto del trasformatore, impedenza di cortocircuito, perdite a vuoto e a carico, numero di spire, sezione del conduttore, sezione del nucleo, geometria complessiva della parte attiva (dimensione fisica e disposizione dell'avvolgimento).

In parallelo vi è l'analisi del comportamento elettromagnetico che comprende lo studio del circuito magnetico / distribuzione del flusso magnetico nel trasformatore, lo studio del comportamento dielettrico e le perdite parassite negli avvolgimenti e la loro distribuzione, lo studio delle perdite aggiuntive relative alle parti metalliche, lo studio dei punti caldi presenti negli avvolgimenti, lo studio della cassa e lo studio delle tensioni degli avvolgimenti e dei componenti interni dovuti al cortocircuito.

Una volta eseguita la progettazione elettromagnetica, il passo seguente è la progettazione termica, la quale include il calcolo dell'innalzamento della temperatura dei conduttori al di sopra della temperatura del liquido di raffreddamento, il calcolo della distribuzione termica del liquido di raffreddamento nella cassa (la quale determina il gradiente medio sopra alla temperatura ambiente) e il calcolo del sistema di raffreddamento.

In molti casi, i trasformatori industriali sono destinati a sostituirne uno esistente, che è giunto a fine vita.

È quindi necessario rispettare i vincoli elettrici / meccanici imposti dalle connessioni BT esistenti e questo fatto impone ulteriori vincoli durante la progettazione degli avvolgimenti.

In generale, il calcolo elettromagnetico viene eseguito ottimizzando i vari parametri di ingresso (tensione, impedenza, perdite) e verificando che le temperature e le forze elettrodinamiche rimangano ben al di sotto del massimo consentito per ciascun tipo di materiale.

La progettazione meccanica del trasformatore viene eseguita dai nostri tecnici utilizzando il CAD 3D (Creo). Tutta la parte interna, tutte le barrature in rame per le connessioni e i fissaggi esterni e tutta la carpenteria esterna del trasformatore sono studiate e progettate all'interno del nostro ufficio tecnico.

SEA dispone del know-how di diversi ingegneri meccanici che si dedicano principalmente all'unificazione e al collaudo di componenti strutturali.

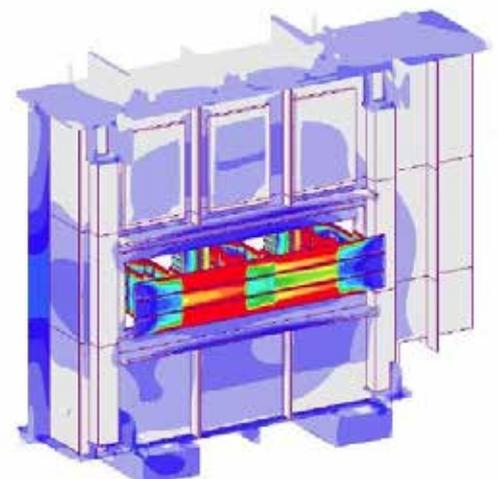
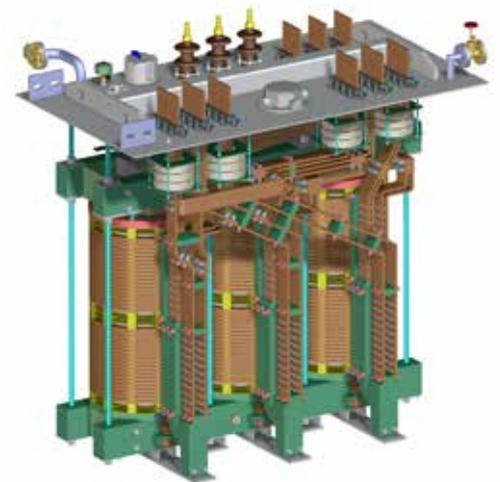
SEA è in grado di effettuare analisi e verifiche agli elementi finiti (FEM):

- Relative alla cassa, per valutare gli stress meccanici durante il trasporto, il sollevamento, il vuoto
- Relative alla parte attiva, per valutare il campo elettrico, il campo magnetico, gli effetti delle perdite parassite, le forze elettrodinamiche, etc.
- Per la valutazione dei campi termici
- Per calcolare le perdite negli avvolgimenti, nelle connessioni e nelle strutture ferromagnetiche, sia nel caso di funzionamento in presenza di carichi armonici particolari
- Per verificare che la distribuzione specifica delle perdite non stia generando punti caldi (hot spots) che possano danneggiare il sistema di isolamento o causare l'invecchiamento delle guarnizioni di tenuta

Altri calcoli o verifiche possono essere eseguite dall'ufficio R&D:

- Verifiche sismiche
- Relazioni di cortocircuito
- Altri, eventualmente richiesti dal cliente

Nei casi più complicati, SEA può effettuare ulteriori verifiche dei propri progetti attraverso la collaborazione con consulenti esterni.



## NUCLEO MAGNETICO

La continua ricerca dei migliori materiali è focalizzata all'incremento dell'efficienza e alla riduzione delle vibrazioni e conseguente livello di rumore dei trasformatori durante il loro utilizzo. Per raggiungere questi obiettivi, il nucleo è costituito da lamierini magnetici a grani orientati, ad alta permeabilità e a basse perdite specifiche, separati tra loro con isolante inorganico. In particolare il taglio e il montaggio del nucleo sono realizzati in modo tale da creare giunzioni secondo la modalità "STEP-LAP", per ridurre il rumore nonché le perdite e la corrente a vuoto. Il pacco magnetico viene pressato con profilati in lamiera piegata e apposite legature con o senza bulloni passanti qualora serva ridurre ulteriormente le perdite e il riscaldamento localizzato del nucleo. Il risultato complessivo è un'elevata accuratezza dimensionale, bassi valori di perdita e un eccellente fattore di ingombro.



## AVVOLGIMENTI / PARTE ATTIVA

La tipologia e la forma dell'avvolgimento dipendono strettamente dalla corrente e dalle tensioni coinvolte. I conduttori a disco isolati con carta sono generalmente utilizzati per gli avvolgimenti di AT; i conduttori con cavo trasposto (CTC) sono generalmente utilizzati per avvolgimenti MT e BT con correnti fino a 2000 A per ciascun conduttore. Il CTC può essere isolato con carta per applicazioni in MT o senza carta per applicazioni BT ad alta corrente.

Per correnti più elevate e in caso di design speciale, vengono utilizzate barre di rame, che consentono di ottenere avvolgimenti estremamente robusti dal punto di vista meccanico e adatti a ripetere sollecitazioni dovute a cortocircuito.

Nel caso in cui le tensioni coinvolte siano elevate, gli avvolgimenti a disco rappresentano la scelta migliore: in tale configurazione, in ciascun disco, le spire vengono avvolte in direzione assiale verso l'interno, e verso l'esterno nei dischi adiacenti. Il loro utilizzo viene preferito se il numero di spire è elevato. Una lunga esperienza e una grande cura nell'assemblaggio della parte attiva sono i segreti per garantire affidabilità e robustezza nei confronti delle sollecitazioni dielettriche ed elettrodinamiche.

Gli avvolgimenti accuratamente pressati ed essiccati in autoclave vengono calettati sulle rispettive colonne del nucleo; seguono successivamente il montaggio del giogo, il fissaggio del coperchio, i collegamenti elettrici ed un nuovo ciclo di trattamenti termici.

Prima della messa in cassa tutti i trasformatori vengono controllati per verificare la correttezza dei collegamenti, dei rapporti spire e del gruppo vettoriale. In casi particolari o quando richiesto dal cliente possiamo eseguire ulteriori controlli e misure sulla parte attiva completa, ad esempio il rilievo con impulsi ricorrenti in bassa tensione e la misura dell'angolo di perdita del sistema isolante.

Dopo un accurato ciclo di essiccazione (con verifica dell'umidità residua) ed il controllo finale delle coppie di serraggio, la parte attiva completa viene inserita all'interno della cassa quanto più velocemente possibile (in base a un tempo specifico ottenuto dai nostri studi di R&D) in modo da evitare il successivo attacco da parte dell'umidità esterna; di seguito viene effettuato il riempimento sottovuoto con il liquido isolante.



## COMMUTAZIONE

Soprattutto nel settore industriale e principalmente nelle applicazioni da forno, la variabilità del carico influenza direttamente alcuni parametri chiave di progetto del trasformatore: uno di questi è la scelta del commutatore.

E' importante definire il corretto intervallo di tensione: soluzioni di progetto improprie possono portare a costose inefficienze (ad esempio ottenute in caso di scelta errata del commutatore con un'ampio numero di prese di tensione).

Il numero non corretto di prese può determinare un aumento del periodo di transizione della commutazione relativa all'intervallo di tensione al lato secondario.

Il commutatore a vuoto (NLTC) non può funzionare quando il trasformatore è sotto tensione (questa è l'esecuzione più semplice ed economica).

La tipologia di commutatore sotto carico (OLTC) è la soluzione più completa che consente di regolare la tensione di alimentazione nominale: è composta da un selettore immerso nello stesso olio del trasformatore o, in caso di richiesta, in un tank separato.

Il selettore dell'interruttore di commutazione dell'OLTC è posizionato in un'altra sezione separata.

Il commutatore può essere dotato di unità di comando motore, relè di flusso olio e altri accessori standard.



## CASSA - COPERCHIO - RAFFREDDAMENTO

Ridurre al minimo le perdite elettriche durante il funzionamento del trasformatore assicura l'aumento e l'equilibrio di input di energia: questo è un argomento importante anche in termini di criterio di riduzione dei prezzi. L'analisi delle perdite totali dovrebbe includere anche la valutazione completa delle perdite ottenute dal sistema di raffreddamento.

Una progettazione mirata migliora l'efficienza energetica dell'intero sistema industriale, riducendo così i costi e offrendo vantaggi economici, assieme ad una migliore affidabilità del trasformatore da forno. Il sistema di raffreddamento svolge una funzione fondamentale per una lunga durata del trasformatore. I trasformatori industriali sono per lo più dotati di sistema di raffreddamento OFWF (olio forzato / acqua forzata), anche se il sistema di raffreddamento più utilizzato per i trasformatori di potenza è ONAN (olio naturale / aria naturale) o ONAF (olio naturale / aria forzata) attraverso l'utilizzo di radiatori montati o sui lati della cassa del trasformatore o in banchi separati, provvisti di ventilatori per il raffreddamento).

Il posizionamento dei cooler per il sistema di raffreddamento OFWF può essere sia verticale che orizzontale, adottando una soluzione customizzata per il collegamento alla tubazione dell'acqua. I dispositivi di raffreddamento sono solitamente composti da un sistema singolo o doppio, in modo da avere un sistema ridondante.

Gli accessori che possono essere inclusi nei dispositivi di raffreddamento OFWF sono:

- Pompa dell'olio
- Valvole di intercettazione lato olio
- Indicatori di flusso di acqua e olio con relativi interruttori di allarme
- Termometri per acqua e olio
- Rubinetti di scarico dell'acqua e dell'olio
- Altri su richiesta

Anche il raffreddamento ODWF (oil diretto / acqua forzata) è una alternativa possibile in caso l'acqua sia disponibile nell'impianto:

- OFAF (oil forzato / aria forzata)
- ODAF (oil diretto / aria forzata)

La cassa è di tipo con conservatore, con il coperchio superiore fissato alla stessa tramite bulloni e relativa guarnizioni per la tenuta. Sia la cassa che il coperchio sono realizzati con lamiera di acciaio saldate, provviste di relativi rinforzi.



## TERMINALI E ACCESSORI

Varie opzioni sono disponibili relativamente agli isolatori: olio/aria, olio/olio, olio/SF6 con connessione a SF6 bus-ducts, barre piatte. Le uscite sul lato AT possono essere anche del tipo a condensatore o con carta impregnata di olio (o resina). Le uscite BT per le applicazioni per convertitori o rectifier sono realizzate principalmente da barrette di rame con uscite laterali sulla cassa o sulla parte superiore del coperchio.

Soluzioni alternative per una maggiore potenza (per forni EAF ad esempio) sono i tubi in rame raffreddati ad acqua invece delle barre precedentemente descritte.

I parametri chiave di efficienza del trasformatore possono essere misurati mediante l'uso di dispositivi specifici come:

- Sensori di temperatura (PT100), indicatori di temperatura dell'olio (OTI) e indicatori di temperatura degli avvolgimenti (WTI) che possono fornirci informazioni importanti relative allo stato dell'olio e alle temperature dei punti caldi
- Misuratore di portata che aiuta a monitorare il consumo di energia/acqua
- Accessori di monitoraggio del sistema di raffreddamento che permettono di proteggere ed estendere in modo indipendente la durata del trasformatore
- Relè Buchholz e dispositivo di monitoraggio on-line del gas disciolto, per il monitoraggio del gas/umidità nel liquido di raffreddamento
- Essiccatori auto rigeneranti, per il monitoraggio dell'umidità nel sale del conservatore o dell'OLTC
- Dispositivi di sovrappressione, per il monitoraggio della pressione dell'olio all'interno della cassa del trasformatore
- Voltmetri per analizzare lo stato di degrado dell'isolamento
- Scaricatori, per la protezione del trasformatore da sovratensioni esterne
- Registratore di urti, per la misura dell'accelerazione e della relativa deformazione meccanica del trasformatore durante il trasporto in caso di vibrazioni

Tali accessori possono aumentare l'affidabilità, riducendo anche i costi di manutenzione del trasformatore e garantendo un controllo calibrato nel tempo: il ciclo di vita del trasformatore potrà così essere incrementato.



## QUALITÀ A PROVA DI TEST

Nella nuova sala prove possono essere effettuate tutte le prove di routine, di tipo e speciali ad eccezione della prova di corto circuito.

Nell'ambito dei lavori di ristrutturazione, la sala prove è stata completamente rinnovata.

Alcuni dati:

- Altezza totale di 20 metri, per permettere i test di trasformatori fino a una potenza di 180 MVA e tensione di 245 kV
- Schermatura completa delle pareti, pavimento e soffitto ("gabbia di faraday")
- Pareti insonorizzate
- Nuovo banco di prova automatico
- Nuovo sistema di alimentazione elettronico multifrequenza e multitemperatura
- Nuovo generatore di impulsi 1200 kV (Hivolt)
- Nuovo sistema di acquisizione dati (Hivolt)
- Analisi dei punti caldi attraverso termocamera
- Una grande sala di controllo a doppio piano, con vista diretta dei trasformatori in fase di test, la quale può ospitare sia i nostri tecnici che i clienti in visita

SEA dispone inoltre di un voluminoso archivio di prove di tipo e speciali eseguite su molti trasformatori consegnati a clienti di tutto il mondo.



## SPEDIZIONI

SEA è in grado di consegnare il trasformatore in tutte le parti del mondo.

Grazie alla esperienza maturata in numerosi anni e alla sua squadra di personale qualificato, SEA esegue la spedizione ed il ri-assemblaggio in sito concordando di volta in volta con il cliente la modalità più opportuna.

Per spedizioni effettuate verso siti particolarmente critici o qualora richiesto dal cliente è possibile equipaggiare i trasformatori con un sofisticato "impact recorder" che consente di tener monitorata la qualità del trasporto stesso..



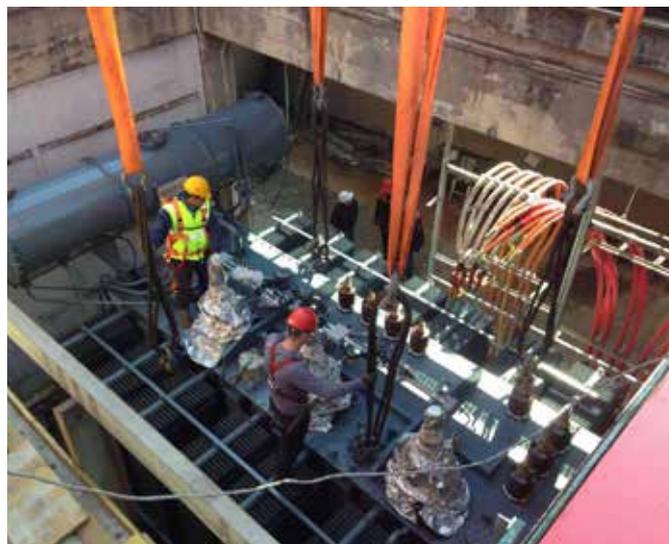
## ASSISTENZA

SEA è in grado di rispondere alle vostre esigenze con un piano di interventi modulare e flessibile con cui potrete prendervi cura del vostro trasformatore, mantenendolo sempre in perfetta efficienza.

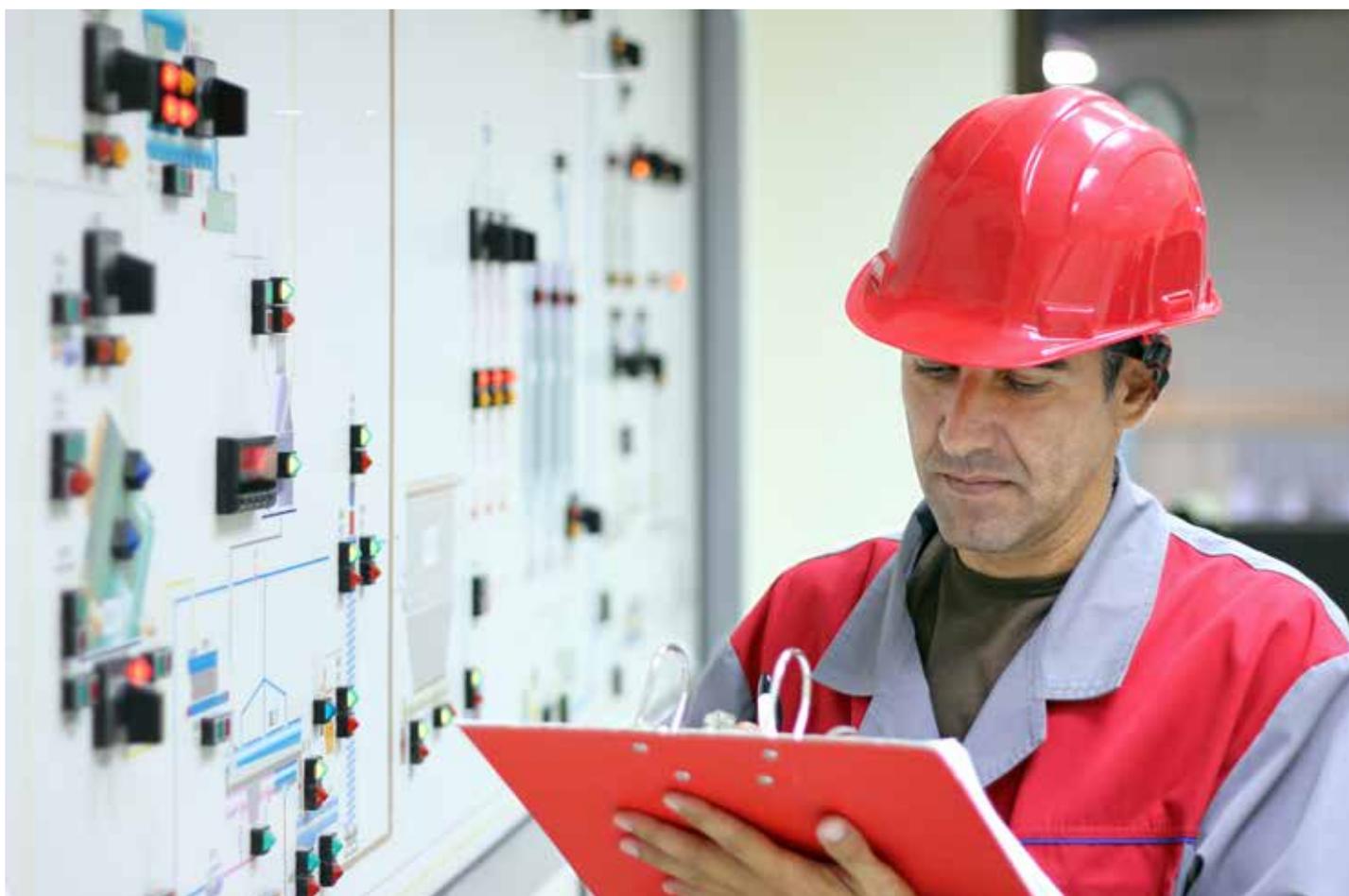
In più potrete contare su un prezzo chiaro e definito, comprensivo di manodopera e ricambi, che vi mette al riparo da ogni sorpresa.

Viene messa a disposizione una qualificata Assistenza Tecnica per ogni dubbio o necessità dovesse insorgere durante il montaggio od il servizio di tutti i suoi prodotti.

- Trasporto, scarico e posizionamento in sito  
Con il suo team di tecnici SEA è in grado di consegnare il trasformatore "chiavi in mano" al cliente finale.
- Assistenza alla messa in servizio  
Un nostro tecnico eseguirà personalmente o potrà assistervi durante le normali operazioni di controllo che precedono la prima messa in servizio della macchina. La verifica del corretto montaggio di tutti gli accessori ed alcuni semplici controlli di routine sono indispensabili per un funzionamento affidabile e duraturo del trasformatore.



- Noleggio trasformatori
- Diagnostica e Consulenza  
Utilizzando sofisticate apparecchiature portatili SEA è in grado di effettuare monitoraggio e registrazione delle grandezze elettriche più rilevanti per il trasformatore e per l'impianto: tensioni, correnti, armoniche, sovratensioni impulsive e disturbi, rigidità dielettrica dell'olio, temperature, rumorosità, SFRA test.  
La registrazione dei dati può essere di grande aiuto nella diagnosi di un guasto o per suggerire al cliente modifiche e migliorie da apportare al suo impianto.
- Manutenzione programmata e straordinaria  
Molte operazioni di riparazione e assistenza (sostituzione accessori e guarnizioni, riparazioni di piccole perdite che richiedono la saldatura senza la necessità di svuotare il cassone d'olio, verifica e trattamento dell'olio, ritocchi di verniciatura, rabbocchi d'olio) possono essere eseguite direttamente in sito, risparmiando tempo ed evitando i rischi e gli inconvenienti che la movimentazione del trasformatore potrebbe causare.
- Fornitura parti di ricambio  
Semplice fornitura oppure fornitura e montaggio in opera di accessori per trasformatori.
- Servizi di assistenza  
Espressamente ideati per dare la possibilità al cliente di ottenere sempre il massimo delle prestazioni dal proprio trasformatore.



02/2018 - Copyright © 2018 SEA - All rights reserved.  
SEA reserves the right to improve its products at any time, without notice. Data and images are not binding and are subject to changes.



**S.E.A. Società Elettromeccanica Arzignanese S.p.A.**  
Via Leonardo Da Vinci, 14  
36071 Tezze di Arzignano (VI) - Italy  
Phone +39 0444 482100 - Fax +39 0444 482519  
[info@seatrasformatori.it](mailto:info@seatrasformatori.it)