



UNIVERSITÀ DI PADOVA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN
INGEGNERIA ELETTRONICA

ELABORATO FINALE

SISTEMI DI ECCITAZIONE STATICA PER GENERATORI SINCRONI

RELATORE: Prof. Renato Gobbo

CORRELATORE: Gianfranco Ventrice

AZIENDA DI APPARTENENZA: Beltrame C.S.E.

LAUREANDO: Milani Alessandro

ANNO ACCADEMICO 2009/2010

Indice

Sommario	pag. 5
Introduzione	pag. 6
Descrizione dell'azienda	pag. 7
1 Principio di funzionamento	pag. 9
2 Specifica tecnica	pag. 12
2.1 Specifica tecnica generale	pag. 12
2.1.1 Generalità e consistenza della fornitura	pag. 12
2.1.2 Definizioni	pag. 12
2.1.3 Ponte raddrizzatore e diseccitatore	pag. 13
2.1.4 Field flashing	pag. 13
2.1.5 Protezioni ed allarmi	pag. 13
2.1.6 Conclusione	pag. 14
2.2 Specifica tecnica Particolare	pag. 14
2.2.1 Generalità	pag. 14
2.2.2 Consistenza della fornitura	pag. 14
2.2.3 Interfaccia lato operatore	pag. 15
2.3 Allegato: schema unifilare montante	pag. 16
3 Progettazione del trasformatore di eccitazione, del ponte raddrizzatore e del field flashing	pag. 17
3.1 Nozioni fondamentali	pag. 17
3.2 Prestazioni generali	pag. 18
3.3 Scelta del trasformatore	pag. 18
3.4 Scelta dei tiristori	pag. 18
3.5 Dati tiristore	pag. 18
3.6 Perdite tiristori	pag. 20
3.7 Verifica termica	pag. 20
3.8 Progetto ponte raddrizzatore	pag. 20
3.9 Diseccitatore	pag. 21
3.10 Progetto del field flashing	pag. 21
3.11 Risultato finale	pag. 22
4 Schema elettrico	pag. 24
4.1 Tabella riassuntiva	pag. 24
4.2 Targa quadro	pag. 25
4.3 Layout piastra component	pag. 26
4.4 Interruttore di eccitazione	pag. 27
4.5 Alimentazione ausiliari	pag. 28
4.6 Montante di macchina	pag. 29
4.7 Misure eccitazione	pag. 31
4.8 Misure alternatore	pag. 32
4.9 Segnali esterni	pag. 33
4.10 Comando interruttore 52E	pag. 35
4.11 Comando regolatore ARC2000	pag. 36
4.12 Collegamento ARC2000	pag. 37
4.13 Collegamento S 2003	pag. 40
4.14 Eccitatrice: ponte SCR	pag. 41
4.15 Eccitatrice: misure	pag. 42
4.16 Eccitatrice: crowbar	pag. 43
4.17 Field flashing	pag. 44
4.18 Collegamento PLC	pag. 45
4.19 Pannello PC e rete Ethernet	pag. 46
4.20 Ingressi digitali	pag. 47
4.21 Uscite digitali	pag. 49

4.22 Ingressi analogici	pag. 51
4.23 Ingressi analogici PT100	pag. 52
4.24 Legenda simboli	pag. 53
4.25 Morsettiere	pag. 54
5 Interfaccia lato operatore	pag. 57
5.1 Configurazione ARC2000	pag. 62
6 Collaudo	pag. 66
6.1 Controllo generale quadro	pag. 66
6.2 Controllo PLC	pag. 67
6.3 Controllo strumentazione	pag. 68
6.4 Controllo ARC2000	pag. 69
6.5 Controllo eccitatrice statica	pag. 70
6.6 Strumenti utilizzati	pag. 71
6.7 Forme d'onda in uscita dal ponte	pag. 72
Conclusione	pag. 73
Bibliografia	pag. 74

Sommario

L'obiettivo di questo elaborato è quello di illustrare le varie fasi della progettazione ed esecuzione di un sistema di eccitazione statica comprensivo di regolatore automatico di tensione, idoneo all'eccitazione di un gruppo idroelettrico sincrono di sola generazione.

Verranno quindi illustrati i vari passi: dall'analisi delle specifiche tecniche alla progettazione e successivo collaudo dell'intero dispositivo.

Ci soffermeremo in modo particolare su tutto quello che riguarda lo sviluppo del ponte total-controllato spiegando le scelte fatte e i materiali utilizzati.

Affronteremo inoltre il problema degli allarmi, dei blocchi e dell'interfaccia operatore.

Introduzione

Questa tesina ha lo scopo di descrivere le attività svolte nel periodo di tirocinio.

Il primo periodo è stato caratterizzato dalla presa di confidenza con tutto quello che riguarda la normativa tecnica da applicare e i software a disposizione, nel secondo periodo, che ha caratterizzato la maggior parte del tempo a mia disposizione, ho seguito passo passo la realizzazione di un sistema di eccitazione statica commissionato dall'ENEL.

Il sistema di eccitazione dell'alternatore è quell'apparecchiatura che produce la corrente necessaria per l'avvolgimento rotorico. La maggior parte degli alternatori in possesso dell'Enel hanno anche più di cinquant'anni e come sistema di eccitazione utilizzano ancora la dinamo.

Con il passare degli anni lo sviluppo dell'elettronica ha permesso di ottenere dei convertitori AC/DC che permettono di ottenere in uscita una corrente continua come quella che mi forniva la dinamo.

L'Enel sta quindi rimodernando i suoi impianti sostituendo la vecchia dinamo con un sistema di eccitazione statica che garantisce una risposta del sistema veloce e precisa.

Andremo quindi ad analizzare i punti fondamentali delle specifiche tecniche che questo ente prescrive, seguiremo la fase di progettazione, comprensiva dei calcoli per la scelta dei componenti, la realizzazione dell'interfaccia operatore e il successivo collaudo del dispositivo.

Descrizione dell'azienda

La ditta BELTRAME C.S.E. è un'azienda di riferimento nel settore della produzione di energie (convenzionali, rinnovabili e alternative). Alla base del servizio vi sono prodotti frutto di oltre 25 anni di esperienza.

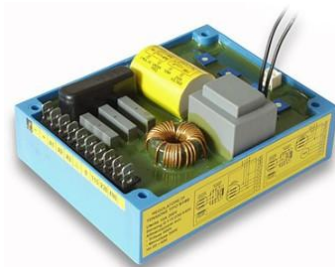


La Beltrame CSE è una delle aziende più attive nel settore, certificata IQNet e RINA secondo la norma ISO 9001:2000: questo le consente di annoverare fra i propri clienti realtà di grande rilievo come Enel, Eni, Fenice, Coimp e molte altre.

L'azienda si occupa principalmente di:

• Regolatori

- Regolatori di tensione, il regolatore di tensione è il componente principale di un alternatore che consente di mantenere costante il valore di tensione ai morsetti d'uscita al variare del carico. *(a destra il Regolatore di tensione S160, utilizza la tecnologia IGBT che permette l'alimentazione di eccitatrici con valori di tensione nominale maggiore di 200 Volt e quindi può essere usato su quasi tutte le macchine esistenti sul mercato. Garantisce un funzionamento ottimale degli alternatori in particolare allo spunto di motori asincroni)*



- Regolatori di Power factor, *(in foto è riportato il PFC2001, uno strumento progettato anche per la regolazione a fasce orarie del fattore di potenza. Gestisce automaticamente la regolazione di tensione tra il generatore e la rete principale, il consenso per il parallelo e a parallelo avvenuto, la regolazione del fattore di potenza dell'impianto generatore.)*



- Regolatori di giri, grazie ad una elettronica a microprocessore essi gestiscono in maniera completa e automatica le fasi che permettono l'aggancio di generatori alla rete dell'ente di distribuzione di energia



(l'ultimo modello di regolatore di giri per turbine realizzato dalla Beltrame è l'S2005.

Il controllo basato su microcontrollore con core DSP con acquisizione dei dati analogici a 12 bit implementa le più sofisticate tecnologie che l'elettronica fornisce e permette una regolazione FULLDIGITAL del sistema. Tutte le impostazioni di regolazione ed attuazione sono programmabili via software. Tutte le grandezze di interesse sono monitorabili sia in locale che in remoto in full-realtime.

Oltre a fare da regolatore di giri, misura la potenza attiva e reattiva, funziona da sincronizzatore e permette la regolazione del fattore di potenza).

- Eccitatrici statiche, apparecchiatura elettronica atta a sostituire la dinamo eccitatrice di un alternatore nel caso di mal funzionamento della medesima. I vantaggi di questa soluzione, oltre che dal punto di vista economico, sono: l'ottimizzazione dei parametri di eccitazione, una miglior precisione di tensione e power factor, l'eliminazione dei problemi relativi alle parti rotanti ed in movimento della dinamo.

• Impianti di produzione energia

- Idroelettrica
- Termoelettrica
- Generatori diesel
- Energie rinnovabili

- Automazioni
- Revamping

- **Gruppi elettrogeni**
 - Gruppi a gas, funzionante a gas metano o GPL
 - Supercompatti da 8 a 22 kVA
 - Gruppi benzina fino a 6,5 kVA
 - Gruppi diesel fino a 6 kVA
 - Gruppi diesel fino a 500 kVA

- **Alternatori**

Centro Servizi Energia
BELTRAME



*sistemi e apparecchiature
per il controllo e la gestione dell'energia
regolatori di tensione per alternatori
regolatori di giri per turbine*

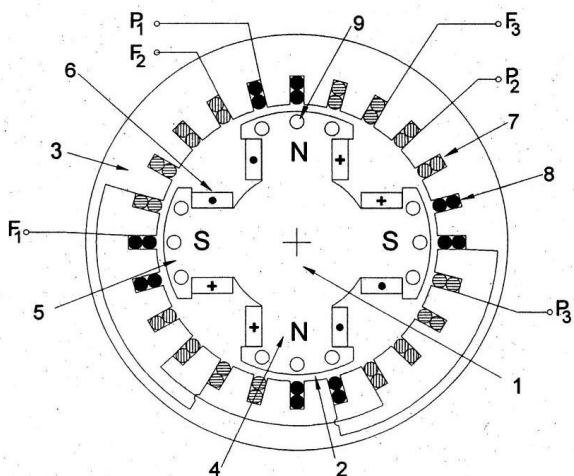
BELTRAME C.S.E. S.N.C.
DI BELTRAME A. & C.
CENTRO SERVIZI ENERGIA
VIA S. PIO X 104 - 35015
GALLIERA VENETA - PADOVA - ITALY

MAIL TO: info@beltramecse.com
WEB SITE: www.beltramecse.com
TEL. ++39/049/5965127
FAX ++39/049/9440024
COD. FISC.: 02129790248 - PART. IVA 02464810288

1 Principio di funzionamento

Prima di procedere con le varie fasi che hanno portato al progetto finale illustriamo brevemente la struttura del generatore sincrono e del sistema di regolazione della corrente di eccitazione.

La macchina sincrona si ottiene disponendo su uno statore privo di salienze un avvolgimento di indotto distribuito di tipo aperto polifase, e su un rotore un avvolgimento di eccitazione alimentato in continua.



Sezione trasversale di una macchina sincrona trifase a poli sporgenti ($2p=4$):

1. Rotore
 2. Traferro
 3. Statore
 4. Nucleo
 5. Espansione polare
 6. Avvolgimento di eccitazione concentrato
 7. Cave di tipo aperto di statore
 8. Conduttori dell'avvolgimento trifase di indotto distribuito di tipo aperto
 9. Sbarre dell'avvolgimento smorzatore
- P_1, P_2, P_3 : morsetti di ingresso delle tre fasi
 F_1, F_2, F_3 : morsetti di uscita delle tre fasi

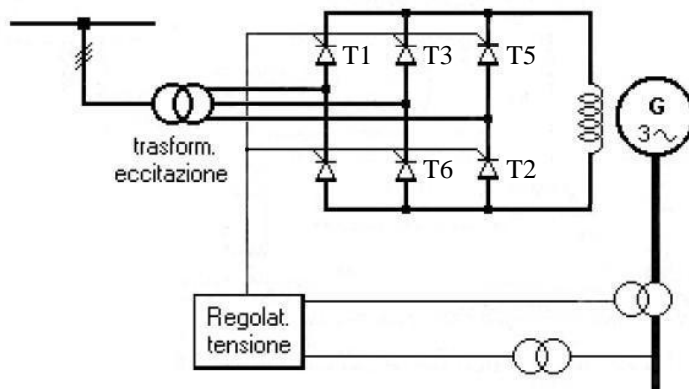
L'alimentazione dell'avvolgimento di eccitazione avviene generalmente mediante un'eccitatrice e la corrente viene trasferita al circuito di eccitazione attraverso due anelli di contatto calettati sull'albero della macchina sui quali strisciano due spazzole.

L'eccitazione dell'alternatore può essere realizzata mediante due sistemi principali:

- l'eccitazione rotante, ottenuta impiegando dinamo;
- l'eccitazione statica, che produce corrente continua per l'avvolgimento di campo derivando l'alimentazione dalle sbarre.

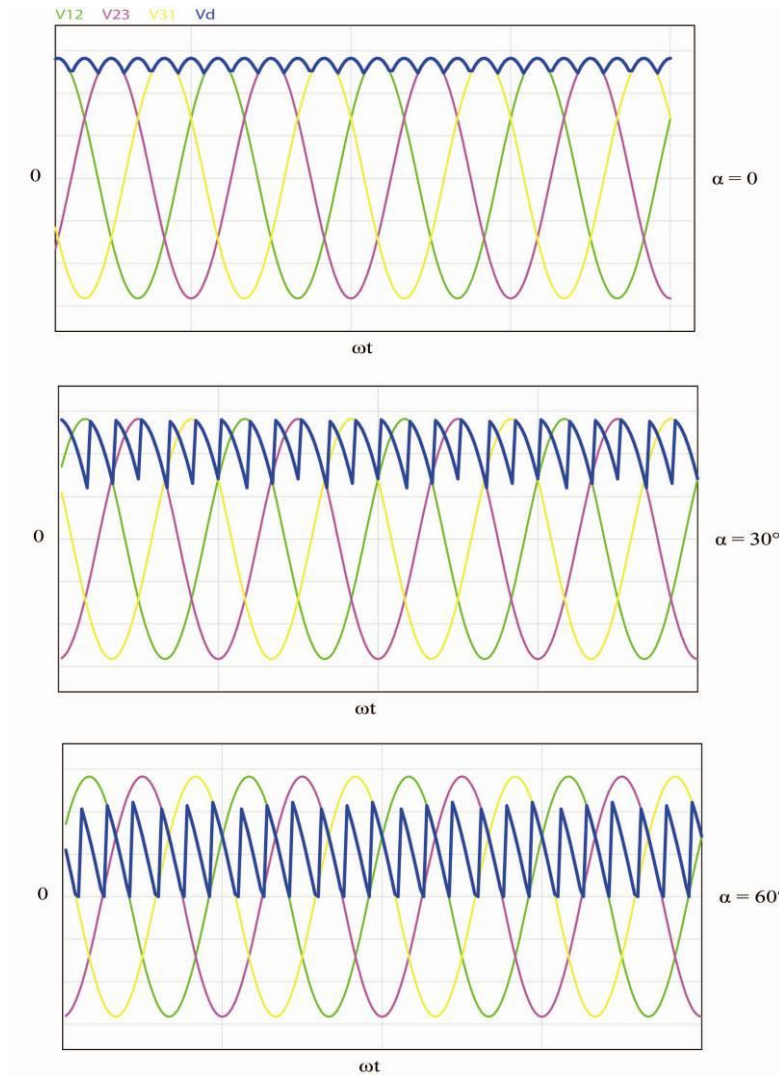
Attualmente il secondo sistema prevale sul primo per la sua più elevata prontezza nella regolazione.

Lo schema di principio di un'eccitatrice statica è costituito essenzialmente da un ponte di tiristori.



I tiristori sono semiconduttori a conducibilità unidirezionale, in cui la conduzione è permessa soltanto dopo che a un elettrodo, detto "gate", è stato dato un impulso di corrente.

Alimentando l'anodo principale del tiristore con tensione sinusoidale e variando il ritardo dell'impulso di corrente inviato al gate, si può ottenere una tensione raddrizzata che ha un valore medio variabile tra un valore minimo (circa 0) e un valore massimo (ceiling) che dipende sostanzialmente dalla tensione secondaria del trasformatore di alimentazione. Nella figura a pagina seguente riportiamo l'andamento delle tensioni in tre casi diversi: con ritardo nullo $\alpha = 0$, con ritardo di 30° e con ritardo di 60° . Variando l'angolo di ritardo dell'impulso di corrente variamo il valore medio della tensione lato continua. Questo mi permette di modificare la corrente che circola nell'avvolgimento di eccitazione.



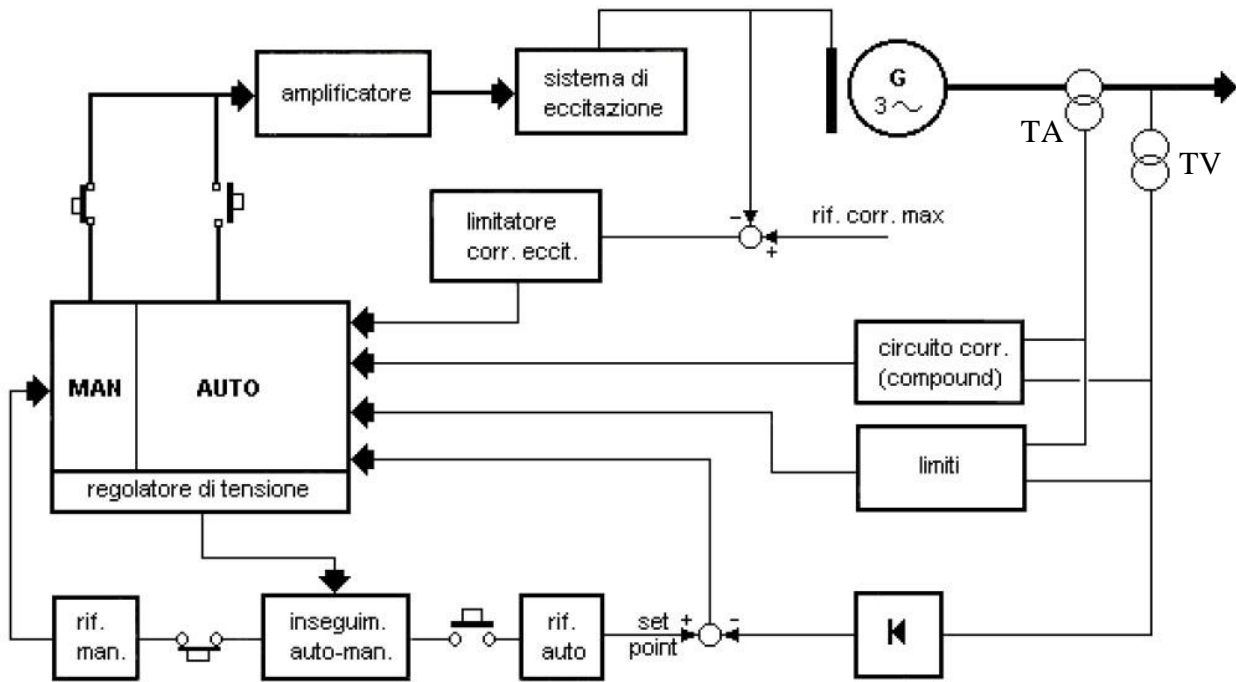
Il sistema di regolazione della corrente di eccitazione deve soddisfare le necessità di un'elevatissima sicurezza di funzionamento e di una pronta risposta nei transistori.

Il compito è quello di mantenere costante la tensione ai morsetti di uscita dell'alternatore e di regolare l'energia reattiva che la macchina genera o assorbe al variare delle condizioni di funzionamento.

Nel passaggio da vuoto a carico, la tensione ai morsetti subisce una variazione dovuta alla reazione di indotto, alla caduta interna della macchina e al tipo di carico collegato. Per riportare la tensione V ai morsetti al valore desiderato occorrerà agire sulla corrente di eccitazione aumentando o diminuendo la f.e.m. generata.

Con l'alternatore funzionante in rete, il sistema di eccitazione, per mantenere costante la tensione ai morsetti, dovrà fornire più corrente al campo in caso di carichi induttivi, mentre dovrà funzionare in condizioni di sottoeccitazione con carichi di natura capacitiva.

Il circuito che controlla e regola la tensione dell'alternatore può essere rappresentato con lo schema a blocchi della figura seguente.



Il valore del set-point di tensione è dato dal riferimento automatico e viene confrontato con un segnale proporzionale alla tensione ai morsetti dell'alternatore; l'eventuale errore viene inviato nel regolatore, al quale giungono anche altri segnali correttori costituiti da:

- Un segnale proveniente dal circuito limitatore della corrente di eccitazione, ricavato dal confronto della corrente fornita dall'eccitatrice con un segnale di riferimento di massima corrente di eccitazione. Lo scopo di questo circuito è quello di salvaguardare gli avvolgimenti, impedendo il superamento del valore massimo della corrente di campo.
- Un segnale correttore (compound), proporzionale alla corrente e alla tensione di macchina, nonché al loro sfasamento. La funzione del compound è quella di aumentare (compound positivo) o di diminuire (compound negativo) la tensione alle sbarre dell'alternatore al variare della potenza reattiva erogata. Il circuito è alimentato dai secondari dei trasformatori di tensione e di corrente, montati sulle sbarre del generatore, e dà luogo a una tensione continua proporzionale alla potenza reattiva erogata.
- Un segnale proveniente dal circuito di discriminazione della potenza attiva e reattiva, che va a pilotare un limitatore di sottoeccitazione al fine di evitare situazioni di funzionamento pericolose per la stabilità (perdita di passo).

Il segnale in uscita dal regolatore, attraverso il commutatore automatico-manuale, va all'amplificatore, che comanda il sistema di eccitazione agendo sul campo dell'alternatore.

Allo scopo di facilitare il passaggio del regolatore dal funzionamento manuale a quello automatico ed evitare il pericolo di sbilanciamenti dei due sistemi al momento della commutazione, è predisposto un circuito di inseguimento con il quale il sistema escluso viene continuamente adeguato a quello operante.

2 Specifica tecnica

Prima di iniziare la fase di progettazione è necessario analizzare in modo approfondito le specifiche tecniche del progetto.

Il sistema di eccitazione statica, o semplicemente eccitatrice statica, che andremo a progettare è stato commissionato dall'Enel.

Di norma questa società fornisce una specifica tecnica generale e una specifica tecnica particolare che integra la precedente.

Nella specifica tecnica generale si precisa l'estensione e i limiti della fornitura, si definiscono le prestazioni funzionali e di dimensionamento, si forniscono prescrizioni riguardanti le caratteristiche costruttive e le prove da eseguire.

Nella specifica tecnica particolare si forniscono i dati dell'impianto e si integra la specifica tecnica generale.

Per capire un po' meglio andremo ad analizzare i punti più rilevanti delle due specifiche.

2.1 Specifica tecnica generale

2.1.1 Generalità e consistenza della fornitura

Nei primi due capitoli vengono elencate le norme a cui si dovrà far riferimento, le condizioni ambientali (temperatura, umidità, altitudine), i dispositivi che costituiscono la fornitura (trasformatore trifase di eccitazione e quadro di eccitazione).

2.1.2 Definizioni

Il terzo capitolo rappresenta la parte principale della specifica tecnica, definiamo quindi le grandezze principali che useremo:

- I_{fN} corrente di campo nominale
È la corrente continua nell'avvolgimento di campo della macchina quando essa funziona ai valori nominali di tensione, corrente fattore di potenza e velocità.
- V_{fN} tensione di campo nominale
È la tensione continua ai terminali dell'avvolgimento di campo della macchina necessaria per far circolare la corrente di campo nominale con l'avvolgimento di campo a temperatura corrispondente al carico ed alle condizioni nominali e con il fluido refrigerante primario alla sua massima temperatura.
- I_{f0} corrente di campo a vuoto
È la corrente continua nell'avvolgimento di campo della macchina necessaria per ottenere la tensione nominale a vuoto ed alla velocità nominale.
- V_{f0} tensione di campo a vuoto
È la tensione continua ai terminali nell'avvolgimento di campo della macchina necessaria per far circolare la corrente di campo a vuoto con l'avvolgimento di campo a 25°C.
- I_{EN} corrente nominale del sistema di eccitazione
È la corrente continua ai terminali di uscita del sistema di eccitazione che il sistema stesso può fornire in condizioni di funzionamento definite.
- V_{EN} tensione di campo nominale
È la tensione continua ai terminali di uscita del sistema di eccitazione che il sistema stesso può fornire quando eroga la corrente nominale di eccitazione in condizioni di funzionamento definite.
- I_{EMN} corrente massima di eccitazione dell'alternatore
È la corrente massima di eccitazione richiesta dall'alternatore in condizioni normali.
- I_{EM} corrente massima di eccitazione dell'alternatore
È la corrente massima di eccitazione richiesta dall'alternatore in condizioni eccezionali.
- I_{EP} corrente massima erogabile dal ponte raddrizzatore

È la corrente che il ponte può erogare in servizio continuo, alla massima temperatura ambiente prevista, senza che la temperatura di giunzione di alcun semiconduttore oltrepassi il limite dichiarato e garantito dal costruttore dell'eccitatrice.

- IET corrente continua dell'eccitatrice corrispondente alla corrente massima erogabile dal trasformatore di eccitazione

È la corrente continua massima che l'eccitatrice può erogare in servizio continuo senza che la sovratemperatura del trasformatore oltrepassi quella prescritta dalle norme CEI, a tensione e frequenza nominali.

- IEE corrente massima erogabile dall'eccitatrice
È la minore tra IEP e IET e costituisce la corrente di targa del sistema di eccitazione.
- VCP tensione massima positiva in condizioni nominali (ceiling positivo)
È la tensione di eccitazione positiva massima, mediata in un ciclo della tensione di alimentazione, che può essere fornita dall'eccitatrice con tensione di alimentazione al valore nominale e corrente di eccitazione uguale a IEN.
- VCN tensione massima negativa di eccitazione in condizioni nominali(ceiling negativo)
È la tensione di eccitazione negativa massima in valore assoluto, mediata in un ciclo della tensione di alimentazione al valore nominale e corrente di eccitazione uguale a IEN.
- PAN potenza apparente convenzionalmente assorbita dall'eccitatrice
Essa è definita come $PAN=2,2 \cdot VEN \cdot IEN$.

2.1.3 Ponte raddrizzatore e diseccitatore

La specifica richiede un ponte raddrizzatore a tiristori di tipo trifase, ad onda intera, completamente controllato e protetto da fusibili extra-rapidi.

A valle del convertitore di potenza sarà previsto l'utilizzo di un dispositivo di diseccitazione, completamente statico, che assolverà principalmente le seguenti funzioni:

- Diseccitazione del campo dell'alternatore
- Protezione contro le sovracorrenti dirette ed inverse del circuito di campo

Il dispositivo di ricircolo sarà costituito da una resistenza di scarica e da un complesso di tiristori VT1 e VT2, connessi in antiparallelo.

2.1.4 Field flashing

Il Field Flashing è un sistema di pre-eccitazione che in fase di avviamento provvede a fornire l'alimentazione al campo della macchina quando questa sia derivata, attraverso il trasformatore di eccitazione, direttamente al montante di macchina. Questa alimentazione sarà fornita dal sistema in corrente continua di centrale a 110Vcc.

Essenzialmente il sistema di eccitazione sarà composto da:

- Un diodo di blocco
- Un contattore bipolare di pre-eccitazione
- Una resistenza di limitazione della corrente
- Un circuito di logica di inserzione e di esclusione

Tale dispositivo, coordinato con le altre logiche di regolazione e controllo, sarà in grado di autoescludersi una volta raggiunto sul montante di macchina un valore di tensione sufficiente per l'autoalimentazione del sistema di eccitazione.

2.1.5 Protezioni ed allarmi

All'interno del microprocessore di regolazione si dovranno prevedere tutti i dispositivi rilevatori di guasto o di anomalia di funzionamento necessari per garantire la completa protezione, le relative logiche di intervento ed un elevato grado di affidabilità del sistema di eccitazione.

L'azione del sistema di protezione si attua secondo diversi livelli di intervento in relazione alla gravità dell'evento rilevato (semplice segnalazione, allarme, blocco elettrico).

Di seguito sono indicate le informazioni minime richieste:

- Trasformatore di eccitazione TE:
 - Alta temperatura nucleo
 - Alta temperatura rame
- Parte elettronica di potenza:
 - Anomalia ponte
 - Massima corrente ponte
 - Squilibrio di corrente
 - Anomalia dispositivo statico di ricircolo
- Parte elettronica di regolazione:
 - Anomalia canale di regolazione
 - Anomalia sistema di accensione tiristori
 - Mancanza alimentazione
 - Minima corrente di campo
 - Intervento limiti
- Alimentazione ausiliaria:
 - Mancanza alimentazione ausiliaria in corrente continua circuiti protezione e controllo

Per tutte le protezioni elettriche sarà possibile impostare e variare i parametri di intervento e le dovute temporizzazioni. Saranno rilevate altre anomalie del sistema come ad esempio:

- Intervento dei fusibili di protezione dei tiristori del ponte e dei fusibili di protezione dei gruppi RC di attenuazione delle sovratensioni provenienti dal lato c.a. (snubber).
- Mancanza di ventilazione tramite dispositivi sensibili al flusso d'aria
- Mancanza del segnale di retroazione della tensione di macchina, a seguito della richiesta di regolazione automatica di tensione

2.1.6 Conclusione

La specifica tecnica si chiude dando le caratteristiche costruttive di massima del quadro eccitatrice, del trasformatore di eccitazione, dei livelli di rumore ammissibili e le prove, i collaudi e la messa in servizio.

2.2 Specifica tecnica Particolare

2.2.1 Generalità

Questo documento è parte integrante della specifica tecnica generale, serve a precisare caratteristiche o valori, definire in dettaglio la consistenza della fornitura e confermare o indicare varianti alle prescrizioni della specifica tecnica generale.

Anche in questo caso analizzeremo solo i punti essenziali.

2.2.2 Consistenza della fornitura

L'impianto a cui si fa riferimento è la centrale idroelettrica di Turbigo Superiore, del tipo ad acqua fluente, ubicata in provincia di Milano, nel comune di Turbigo.

È richiesto un nuovo sistema di eccitazione statica costituito da eccitatrice a ponte controllato, completo di regolatore di tensione e trasformatore di eccitazione.

Sono riportati di seguito i dati caratteristici dei macchinari/apparecchiature esistenti.

N° 1 Generatore sincrono trifase:

- | | |
|---------------|-------------|
| • Costruttore | TIBB |
| • Matricola | N° T 304685 |

- Tipo WV 819/60
- Anno 1948
- Potenza nominale 15000kVA
- Tensione nominale $4000 \pm 8\% \text{ V}$
- Corrente nominale $2170 \pm 8\% \text{ A}$
- $\text{Cos}\varphi$ 0,73 R
- Frequenza 50 Hz
- Giri nominali 100 giri/min
- Corrente di eccitazione (IEN) 660 A
- Tensione di eccitazione (VEN) 250 V

N° 1 Dinamo eccitatrice:

- Costruttore TIBB
- Matricola N° T 337230
- Tipo GFV 216/16
- Anno 1949
- Potenza nominale 175 kW
- Tensione nominale $250 \div 330 / 250 \div 277 \text{ V}$
- Corrente nominale 700 A

Regolatore di tensione

Attualmente è installato un regolatore di tensione unificato ENEL che sarà dismesso.

2.2.3 Interfaccia lato operatore

Il quadro di controllo locale dell'eccitatrice dovrà essere equipaggiato di un'adatta interfaccia, basata su un display di dimensioni non inferiori a 5,7", potrà essere di tipo touch-screen oppure dotato di tasti funzione e dovrà naturalmente presentare la massima compatibilità con il sistema installato, che permetta di visualizzare le grandezze fondamentali:

- Tensione di generatore
- Corrente di generatore
- Tensione di alimentazione ponte
- Corrente di eccitazione
- Fattore di potenza
- Potenza reattiva
- Potenza attiva
- Temperatura trasformatore di eccitazione
- Gestione e storicizzazione allarmi, blocchi, scatti (sequenza ISA)
- Trend diretti o su archivio delle grandezze analogiche
- Rappresentazione grafica delle risposte in tempo reale
- Comandi locali del sistema
- La visualizzazione delle condizioni di funzionamento dell'eccitatrice e del generatore
- La visualizzazione di allarmi e segnalazioni
- L'invio di comandi all'eccitatrice
- Visualizzazione dei parametri di regolazione con possibilità di settaggio di tutte le grandezze più significative (guadagni, costanti di tempo, tempo di escursione riferimenti, ecc.) e la personalizzazione dei riferimenti

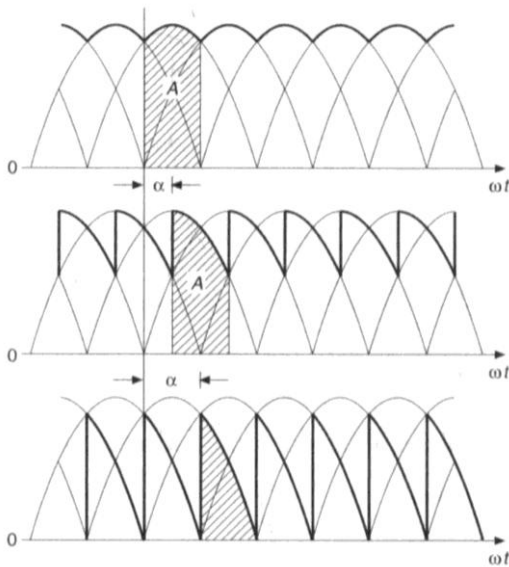
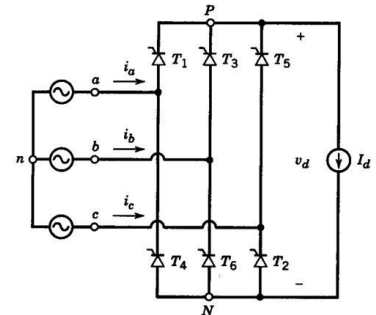
3 Progettazione del ponte raddrizzatore, del trasformatore di eccitazione e del field flashing

3.1 Nozioni fondamentali

Visto che le specifiche tecniche ci prescrivono l'uso di un raddrizzatore a ponte controllato, cerchiamo di capire prima di tutto come funziona e quali siano le caratteristiche, così da poter procedere con la progettazione.

Consideriamo il caso ideale.

Nel primo capitolo abbiamo visto come si può variare il valore medio della tensione lato continua variando l'angolo di accensione dei tiristori.



Forme d'onda sul lato dc in funzione di α

(a) $\alpha = 0$

(b) $\alpha = 30^\circ$

(c) $\alpha = 60^\circ$

Come si vede

nella figura a fianco, nel caso di $\alpha=0$, i tiristori si comportano come diodi e il valore medio della tensione lato continua è pari a $V_{d0} = (3\sqrt{2}/\pi)V_{LL}$.

Se invece l'angolo di innesco α è maggiore di zero, si ha una riduzione del valor medio della tensione lato continua in funzione dell'angolo di ritardo. Otteniamo quindi:

$$V_{d\alpha} = (3\sqrt{2}/\pi)V_{LL}\cos\alpha = 1.35V_{LL}\cos\alpha = V_{d0}\cos\alpha.$$

Per quanto riguarda le correnti di linea i_a , i_b e i_c esse hanno una forma d'onda rettangolare con ampiezza I_d . Scomponiamo in serie di Fourier la forma d'onda di i_a (con ωt posto uguale a zero al passaggio positivo per lo zero di v_{an}):

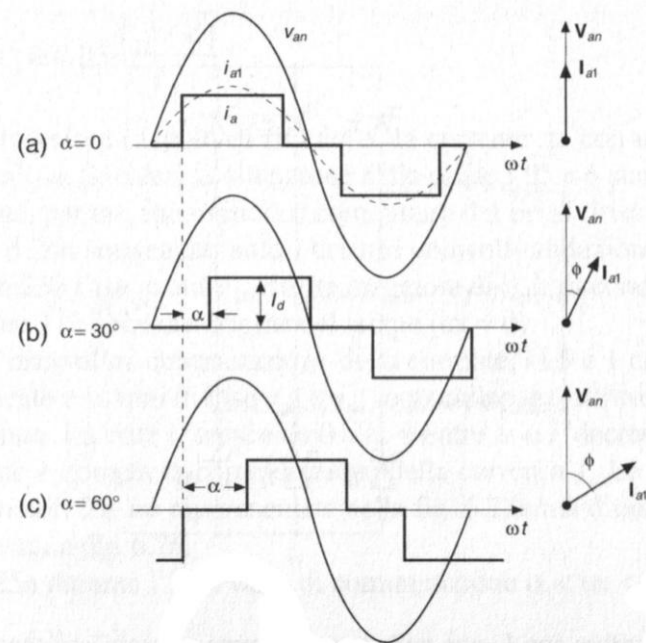
$$i_a(\omega t) = \sqrt{2}I_{s1}\sin(\omega t - \alpha) - \sqrt{2}I_{s5}\sin[5(\omega t - \alpha)] + \sqrt{2}I_{s7}\sin[7(\omega t - \alpha)] + \sqrt{2}I_{s11}\sin[11(\omega t - \alpha)] + \sqrt{2}I_{s13}\sin[13(\omega t - \alpha)] - \sqrt{2}I_{s17}\sin[17(\omega t - \alpha)] + \dots - \sqrt{2}I_{s19}\sin[19(\omega t - \alpha)] \dots$$

dove sono presenti solo le armoniche h dispari non multiple di tre: $h = 6n \pm 1$ ($n=1,2,3,\dots$)

Nel grafico a fianco è rappresentata la forma d'onda della corrente e la rappresentazione fasoriale della sua prima armonica per differenti valori di α .

Il valore efficace complessivo della corrente di fase può essere calcolato nel modo seguente:

$$I_s = \sqrt{2/3} * I_d = 0.186 I_d$$



Corrente di linea in funzione di α

3.2 Prestazioni generali

Le specifiche tecniche prevedono:

- Un ceiling positivo compreso tra $1,6 \text{ VEN} \leq \text{VCP} \leq 2 \text{ VEN}$
- Un ceiling negativo compreso tra $1,2 \text{ VEN} \leq \text{VCN} \leq 1,6 \text{ VEN}$
- Una corrente massima erogabile dall'eccitatrice $\text{IEE} \geq 1,1 \text{ IEM}$

Per quanto riguarda la tensione scegliamo un ceiling positivo pari a 1,6 e 1,2 per quello negativo:

- $\text{VCP} = 1,6 \text{ VEN} = 1,6 * 250 = 400 \text{ V}$
- $\text{VCN} = 1,2 \text{ VEN} = 1,2 * 250 = 300 \text{ V}$

Per quanto riguarda la corrente, non avendo dati a riguardo, ipotizziamo la corrente massima di eccitazione richiesta dall'alternatore in condizioni eccezionali pari al 110 % rispetto alla corrente nominale

$$\text{IEM} = 1,1 * \text{IEN} = 1,1 * 660 = 726.$$

Per la IEE dobbiamo ricordare che è la minore tra la massima corrente erogabile dal trasformatore di eccitazione (IET) e la massima corrente erogabile dal ponte raddrizzatore (IEP), quindi il nostro ponte dovrà essere in grado di sopportare una corrente maggiore uguale alla IEE. Otteniamo $\text{IEE} = 1,1 * \text{IEM} = 1,1 * 726 = 799 \text{ A}$.

Calcoliamo anche la corrente ottenuta nel caso di avere un ceiling pari a 1,6: $\text{Ic} = \text{IEN} * 1,6 = 660 * 1,6 = 1056 \text{ A}$.

3.3 Scelta del trasformatore


Il trasformatore dovrà avere una tensione primaria pari a 4000 V e una tensione secondaria che come visto al paragrafo 3.1 dovrà essere pari a: $\text{V}_{2n} = (1/1,35) * \text{VCP} \approx 297 \text{ V}$.

La corrente al secondario dovrà avere un valore pari a: $\text{I}_{2n} = \sqrt{(2/3)} * \text{IEE} = 0,8165 * 799 = 652,4 \text{ A}$

Dovremo ordinare un trasformatore trifase che abbia una potenza apparente pari a: $\text{S}_{\text{TE}} = \sqrt{3} * \text{V}_{2n} * \text{I}_{2n} = 335 \text{ kVA}$

3.4 Scelta dei tiristori

Nota la corrente massima e la tensione che il tiristore deve sopportare possiamo procedere con la scelta dei componenti. Dal catalogo della POSEICO scegliamo il modello AZT740 e andiamo ad analizzarne nel datasheet le caratteristiche, verificando che il valore della tensione e della corrente siano sopportati.

 POSEICO SPA Power Semiconductor Italian Corporation	POSEICO SPA Via N. Lorenzi 8, 16152 Genova - ITALY Tel. +39 010 6556234 - Fax +39 010 6557519 Sales Office: Tel. +39 010 6556775 - Fax +39 010 6442510
HIGH CURRENT PHASE CONTROL THYRISTOR INSULATED MODULE - Full hermetic packaging - Base plate insulation using AlN substrate - Industrial compatible packaging - Contract screws available on request	AZT740 Repetitive voltage up to 2200 V Mean on-state current 740 A Surge current 30 kA
TARGET SPECIFICATION feb 04 - ISSUE : 1	

3.5 Dati tiristore

Per procedere con lo studio ci servono ancora dei dati che in parte si ricavano dal datasheet e in parte si possono ricavare graficamente.

Symbol	Characteristic	Conditions	T _j [°C]	Value	Unit
CONDUCTING					
I _{T(AV)}	Mean on-state current	180° sin. 50Hz, T _c =85°C		740	A
I _{T(AV)}	Mean on-state current	180° sin. 50Hz, T _c =55°C		1080	A
I _{TSM}	Surge on-state current	sine wave, 10 ms	125	30	kA
I ² t	I ² t	without reverse voltage		4500 x1E3	A ² s
V _T	On-state voltage	On-state current = 1800 A	25	1.53	V
V _{T(TO)}	Threshold voltage		125	0.90	V
r _T	On-state slope resistance		125	0.240	mohm
MOUNTING					
R _{th(j-c)}	Thermal impedance, DC	Junction to case		42	°C/kW
R _{th(c-h)}	Thermal impedance	Case to heatsink		20	°C/kW
T _j	Operating junction temperature			-30 / 125	°C
V _{ins}	RMS insulation voltage	50Hz, circuit to base, all terminal shorted	25	4500	V
T	Mounting torque	Case to heatsink		4 to 6	Nm
	Mass			2800	g

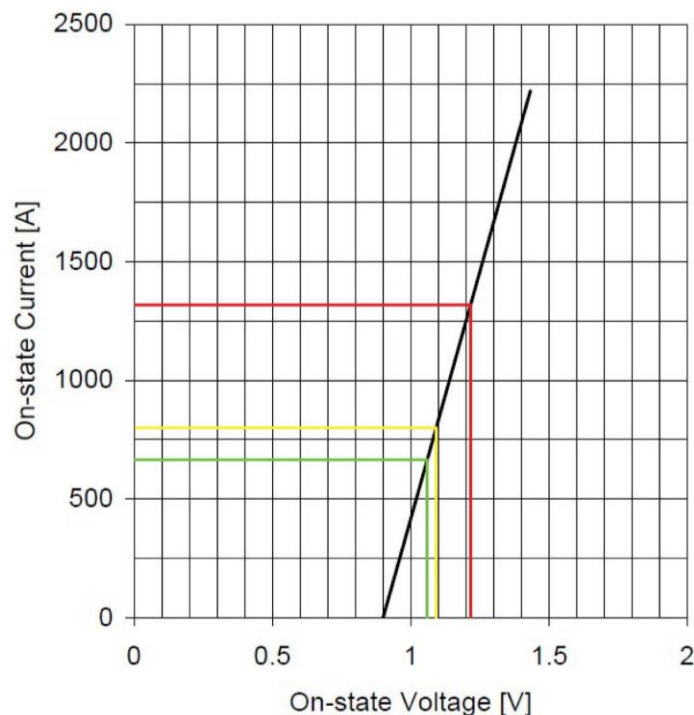
Dalla tabella ricaviamo:

- Resistenza termica giunzione-case per modulo $R_{th(j-c)} = 0,042 \text{ °C/W}$
- Resistenza termica case-heatsink per modulo $R_{th(c-h)} = 0,020 \text{ °C/W}$
- Tensione di soglia $V_{T(TO)} = 0,9 \text{ V}$
- Resistenza dinamica $r_T = 0,00024 \text{ } \Omega$
- Temperatura giunzione di funzionamento $T_j = -30 \div 125 \text{ °C}$

Per ricavare la caduta di tensione sulla giunzione alla corrente I_{EN}, I_{EE} e I_C possiamo procedere per via grafica cercando di ottenere un risultato quanto più realistico.

Il procedimento è semplice: riportiamo il valore della corrente sull'asse delle ordinate, e nel punto in cui incontriamo la semiretta, ci ricaviamo il valore della tensione corrispondente:

ON-STATE CHARACTERISTIC
T_j = 125 °C



- Alla corrente I_{EN} = 660 A corrisponde una caduta di tensione pari a $V_{t_{IEN}} = 1,06 \text{ V}$ (linea verde)
- Alla corrente I_{EE} = 799 A corrisponde una caduta di tensione pari a $V_{t_{IEE}} = 1,09 \text{ V}$ (linea gialla)
- Alla corrente I_c = 1320 A corrisponde una caduta di tensione pari a $V_{t_c} = 1,22 \text{ V}$ (linea rossa)

Ora abbiamo tutto l'occorrente per procedere con il calcolo delle perdite.

3.6 Perdite tiristori

Siccome la potenza da dissipare sarà parecchia dividiamo il ponte in due parti. Ciascuna parte sarà costituita da un modulo ventola/dissipatore in grado di mantenere la temperatura di funzionamento dei tiristori entro soglie di sicurezza. Calcoliamo le perdite su ogni blocchetto SCR alla IEN, alla IEE e alla Ic moltiplicando la caduta di tensione sul tiristore (ricavata nel paragrafo precedente) per la corrente che lo attraversa (in un periodo ogni SCR conduce per 120°).

Perdite alla IEN

Perdite totali sui 3 SCR posti su un singolo dissipatore = $V_{dIEN} * IEN = 1,06 * 660 = 700 \text{ W}$

Perdite alla IEE

Perdite totali sui 3 SCR posti su un singolo dissipatore = $V_{dIEE} * IEE = 1,09 * 799 = 871 \text{ W}$

Perdite alla Ic

Perdite totali sui 3 SCR posti su un singolo dissipatore = $V_{dIc} * Ic = 1,22 * 1056 = 1288 \text{ W}$

3.7 Verifica termica

La resistenza termica totale tra la giunzione e il dissipatore è pari a:

$$R_{th(j-h)} = R_{th(j-c)} + R_{th(c-h)} = 0,042 + 0,020 = 0,062 \text{ °C/W}$$

La resistenza termica del dissipatore, tenuto conto anche del tipo di ventola utilizzato $R_{th(ha)} = 0,032 \text{ °C/W}$

Temperatura dissipatore alla IEN

$$T_{dis-IEN} = T_{amb} + (R_{th(ha)} * \text{Perdite tot tiristori alla IEN}) = 40 + (0,032 * 700) = 62,4 \text{ °C}$$

Temperatura giunzione alla IEN

$$T_{j-IEN} = T_{dis-IEN} + (R_{th(j-h)} * \text{Perdite per ogni tiristore alla IEN}) = 62,4 + (0,062 * (700 / 3)) = 76,9 \text{ °C}$$

Temperatura dissipatore alla IEE

$$T_{dis-IEE} = T_{amb} + (R_{th(ha)} * \text{Perdite tot tiristori alla IEE}) = 40 + (0,032 * 871) = 67,9 \text{ °C}$$

Temperatura giunzione alla IEE

$$T_{j-IEE} = T_{dis-IEE} + (R_{th(j-h)} * \text{Perdite per ogni tiristore alla IEE}) = 67,9 + (0,062 * (871 / 3)) = 85,9 \text{ °C}$$

Temperatura giunzione alla Ic

$$T_{j-Ic} = T_{dis-IEN} + (R_{th(j-h)} * \text{Perdite per ogni tiristore alla Ic}) = 76,9 + (0,062 * (1288 / 3)) = 103,5 \text{ °C}$$

Calcoliamo ora la massima corrente erogabile dal ponte IEP

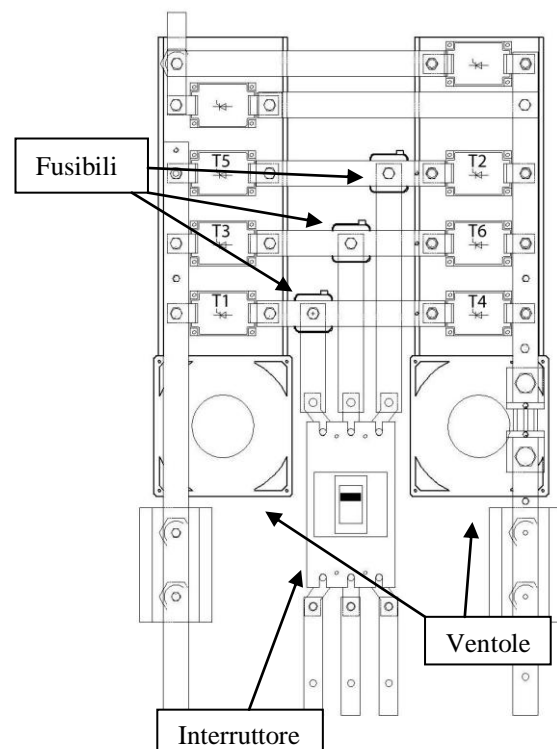
La resistenza termica globale: $R_{thg} = R_{th(ha)} / 2 + R_{th(j-h)} / 3 = 0,032 / 2 + 0,062 / 3 = 0,0367 \text{ °C/W}$

Le perdite totali alla IEP: $P_{IEP} = (T_{max_componente} - T_{amb}) / R_{thg} = (125 - 40) / 0,0367 = 2316,1 \text{ W}$

$$IEP = [-V_{Tic} + \sqrt{(V_{Tic}^2 + 4 * rt * P_{IEP})}] / (2 * rt) = [-1,22 + \sqrt{(1,22^2 + 2 * 0,00024 * 2316,1)}] / (2 * 0,00024) = 817,69 \text{ A}$$

3.8 Progetto ponte raddrizzatore

Ora che abbiamo ultimato tutti i calcoli procediamo con il disegno in autocad della disposizione dei vari componenti del ponte. Partiamo dall'interruttore, le ventole e i dissipatori; disponiamo i tiristori sopra ai dissipatori e procediamo con il collegamento mediante sbarre di rame. A destra è riportato il disegno del ponte completo di tutti i suoi componenti.

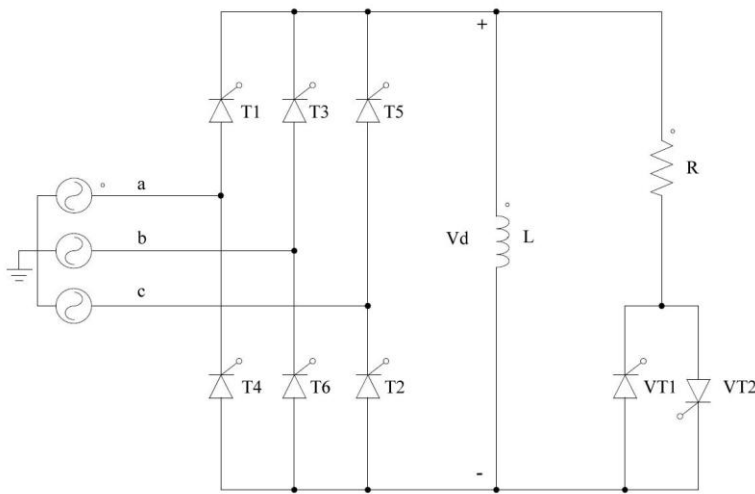


3.9 Diseccitatore

Come scritto nel paragrafo 2.1.3 a valle del convertitore di potenza sarà previsto un dispositivo di diseccitazione, completamente statico, che dovrà:

- Diseccitare il campo dell'alternatore
- Proteggere contro le sovratensioni dirette ed inverse il circuito di campo (Crowbar)

Il dispositivo di ricircolo sarà costituito da una resistenza di scarica e da un complesso di tiristori VT1 e VT2, connessi in antiparallelo. Secondo la specifica tecnica la resistenza di scarica R deve avere un valore tale da dar luogo, percorsa dalla corrente IEM, ad una caduta di tensione praticamente pari a VCN. Per quanto riguarda il dimensionamento termico deve consentire la diseccitazione rapida in caso di corto circuito trifase ai morsetti di macchina, a partire dalla



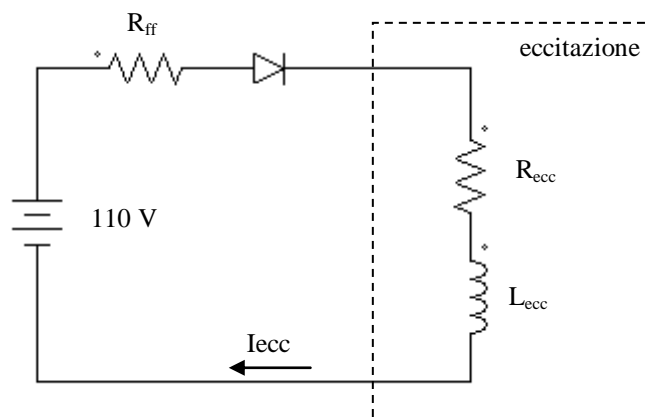
condizione di corrente di eccitazione pari a IEM.

$$\text{Resistenza di scarica } R = V_{CN} / I_{EM} = 300 / 726 = 0,41 \Omega$$

3.10 Progetto del field flashing

Riprendendo il paragrafo 2.1.4, il field flashing, comunemente detto anche cicchetto, serve ad eccitare la macchina in fase di avviamento fino a quando, raggiunta una tensione di macchina del 40 ÷ 50 % (corrispondente al 25 ÷ 35 % della corrente a vuoto), riesce ad autoalimentarsi dal trasformatore di eccitazione, collegato al montante di media tensione del generatore.

Dai dati in nostro possesso siamo risaliti alla resistenza dell'avvolgimento di eccitazione $R_{ecc} \approx 0,3 \Omega$.



Noi vogliamo quindi una corrente che sia pari a circa il 30 % della corrente a vuoto e quindi una $I_{ecc} = 195 \text{ A}$.

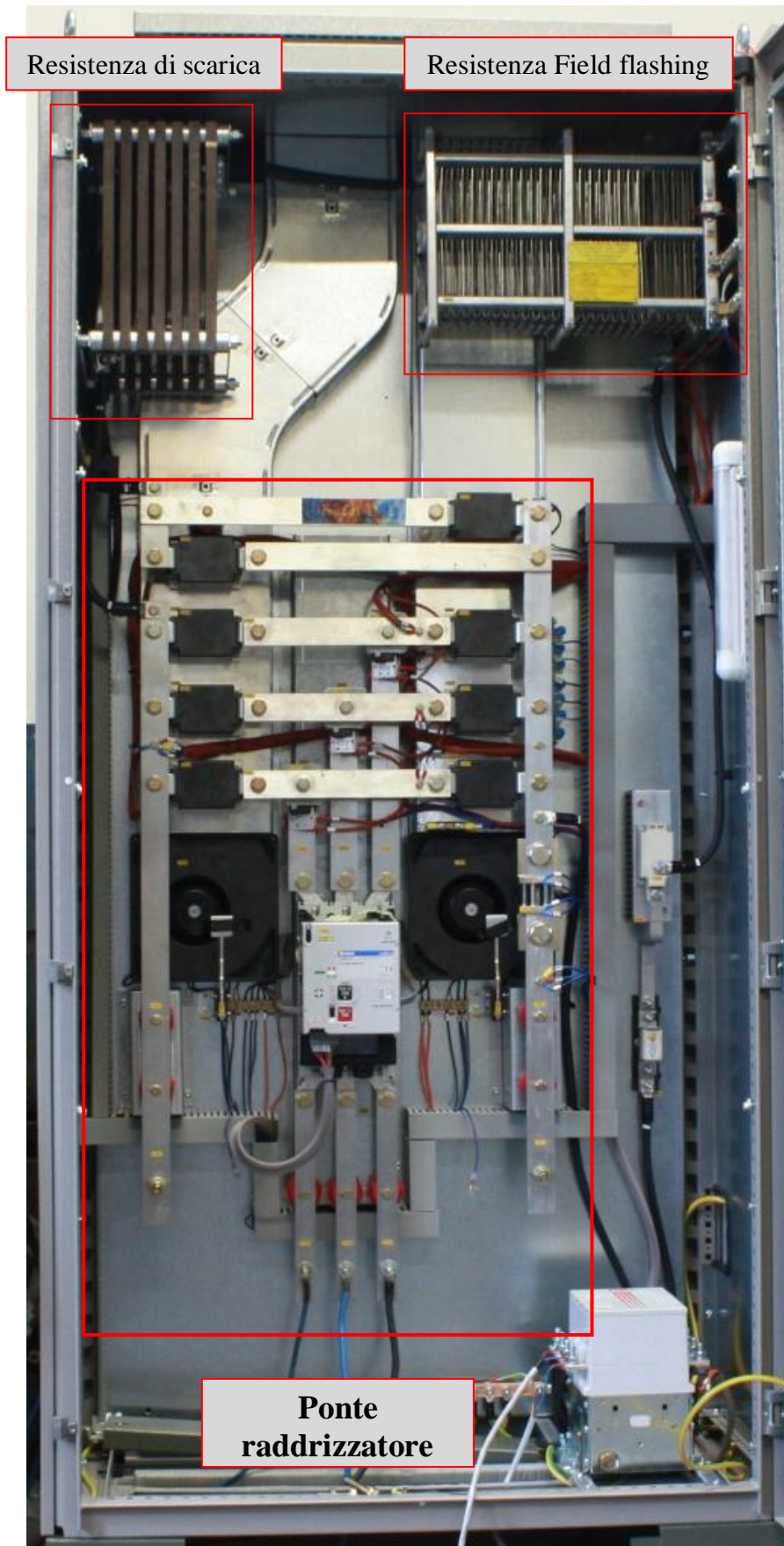
Ai capi della bobina di eccitazione si avrà una tensione pari a $V_{ecc} = R_{ecc} * I_{ecc} = 0,3 * 195 = 58,5 \text{ V}$.

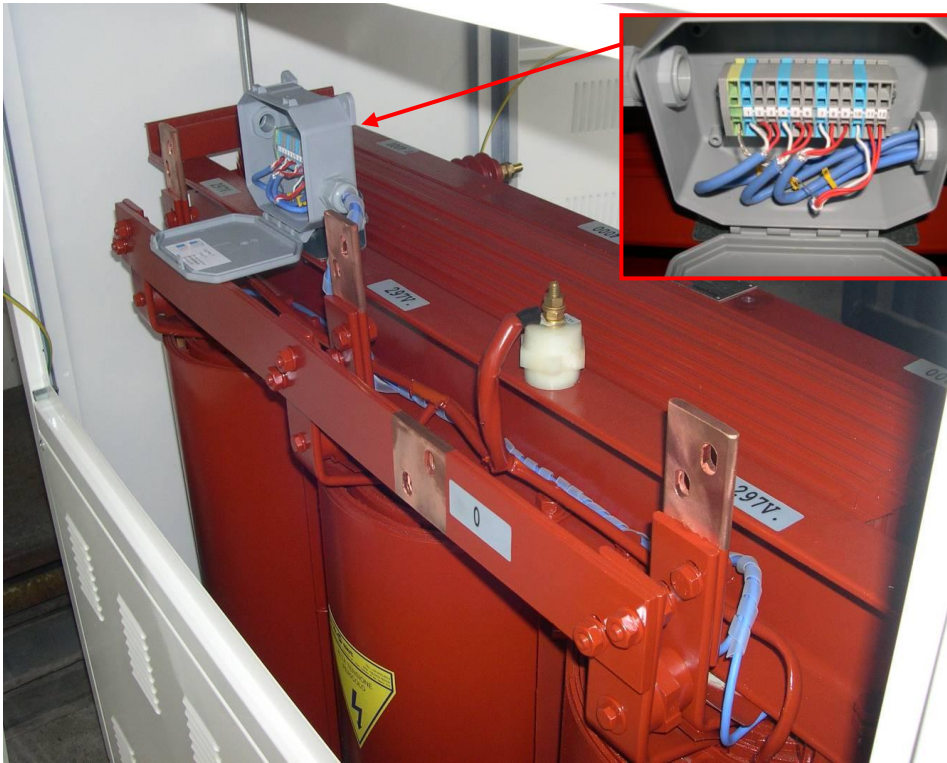
Possiamo ora calcolare la resistenza di field flashing: $R_{ff} = (110 - V_{ecc}) / I_{ecc} = (110 - 58,5) / 195 = 0,264 \Omega$.

La potenza che tale resistore dovrà essere in grado di dissipare sarà pari a $P_{ff} = R_{ff} * I_{ecc}^2 = 0,264 * 195^2 = 10,04 \text{ kW}$

3.11 Risultato finale

Ora che tutto è progettato, ecco come si presenta realmente il nostro ponte e il nostro trasformatore








Il trasformatore visto dal lato bassa tensione: si vedono le barre delle tre fasi e quella del neutro, la scatola della morsettiera con la morsettiera di collegamento delle PT100 ed infine lo schermo.


Il trasformatore visto lato media tensione con gli isolatori e i morsetti delle tre fasi.



4.2 Targa quadro

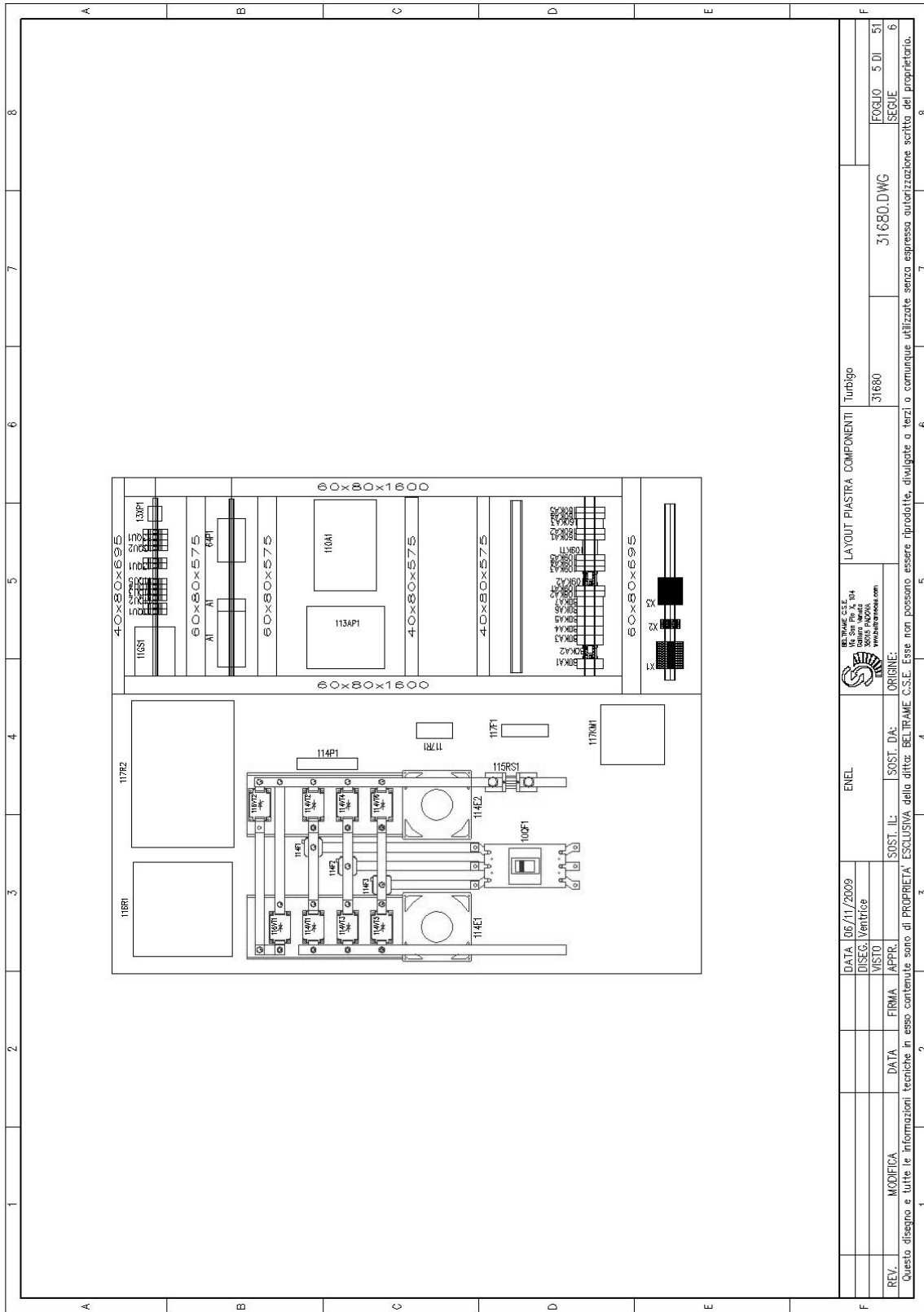
 BELTRAME C.S.E. CENTRO SERVIZI ENERGIA - ENERGY SERVICE CENTRE Via San Pio X, 104 - 35015 Galliera Veneta Padova Web site: www.beltramecse.com		REF. 31680 MATR. ES341109	
MODEL CP/ES/660		ANNO DI PRODUZIONE 2009 MASSA 500 [KG]	
POTENZA INST. 305 [KVA] TENSIONE LINEA 4000 [V]		ELECT. INST. POWER 305 [KW] LINE VOLTAGE 4000 [V]	
		FREQUENZA 50 [S]	
TENSIONE AUSILIARI 110/230VDC		AUX. VOLTAGE [V]	

 BELTRAME C.S.E. CENTRO SERVIZI ENERGIA - ENERGY SERVICE CENTRE Via San Pio X, 104 - 35015 Galliera Veneta Padova Web site: www.beltramecse.com		Revisione <input type="checkbox"/> Riavvolgimento <input type="checkbox"/> Modifica <input type="checkbox"/>	
ECCITATRICE Statica <input checked="" type="checkbox"/> Brushless <input type="checkbox"/>		TIPO CP/ES/660 N° ES341109	
AVA Gir/min.		V A Cos fi Hz	
COLL. SERV.		VE 250 CL	

 BELTRAME C.S.E. Via San Pio X, 104 Galliera Veneta www.beltramecse.com		TARGA QUADRO	
ORIGINE:		Turbigo	
DATA 06/11/2009		31680	
DISSEG. Ventrice		FOGLIO 4 DI 51	
MODIFICA DATA FIRMA APPR.		31680.DWG	
VE		SEGUE 5	

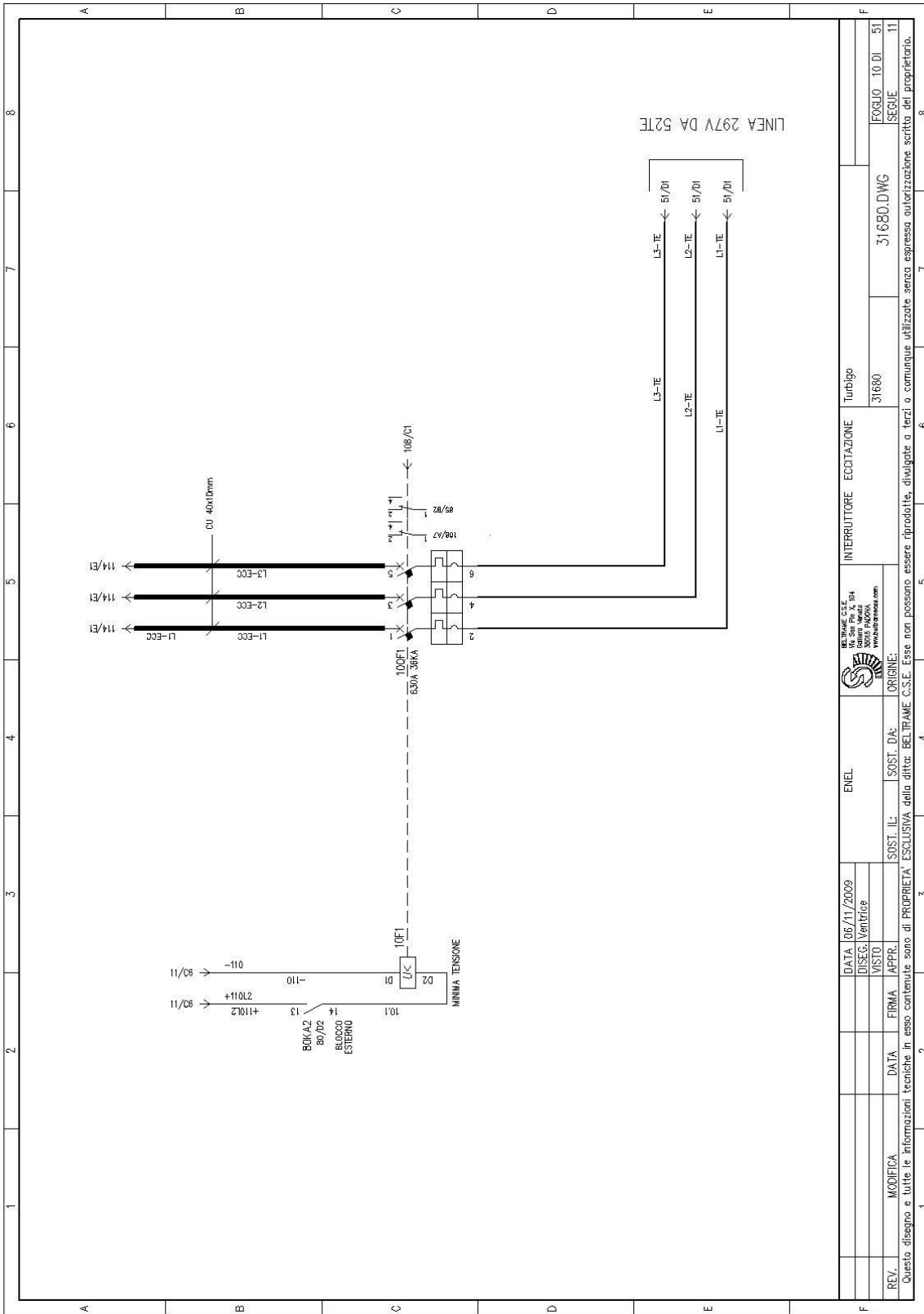
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate a terzi o comunque utilizzate senza espresse autorizzazione scritta del proprietario.

4.3 Layout piastra componenti

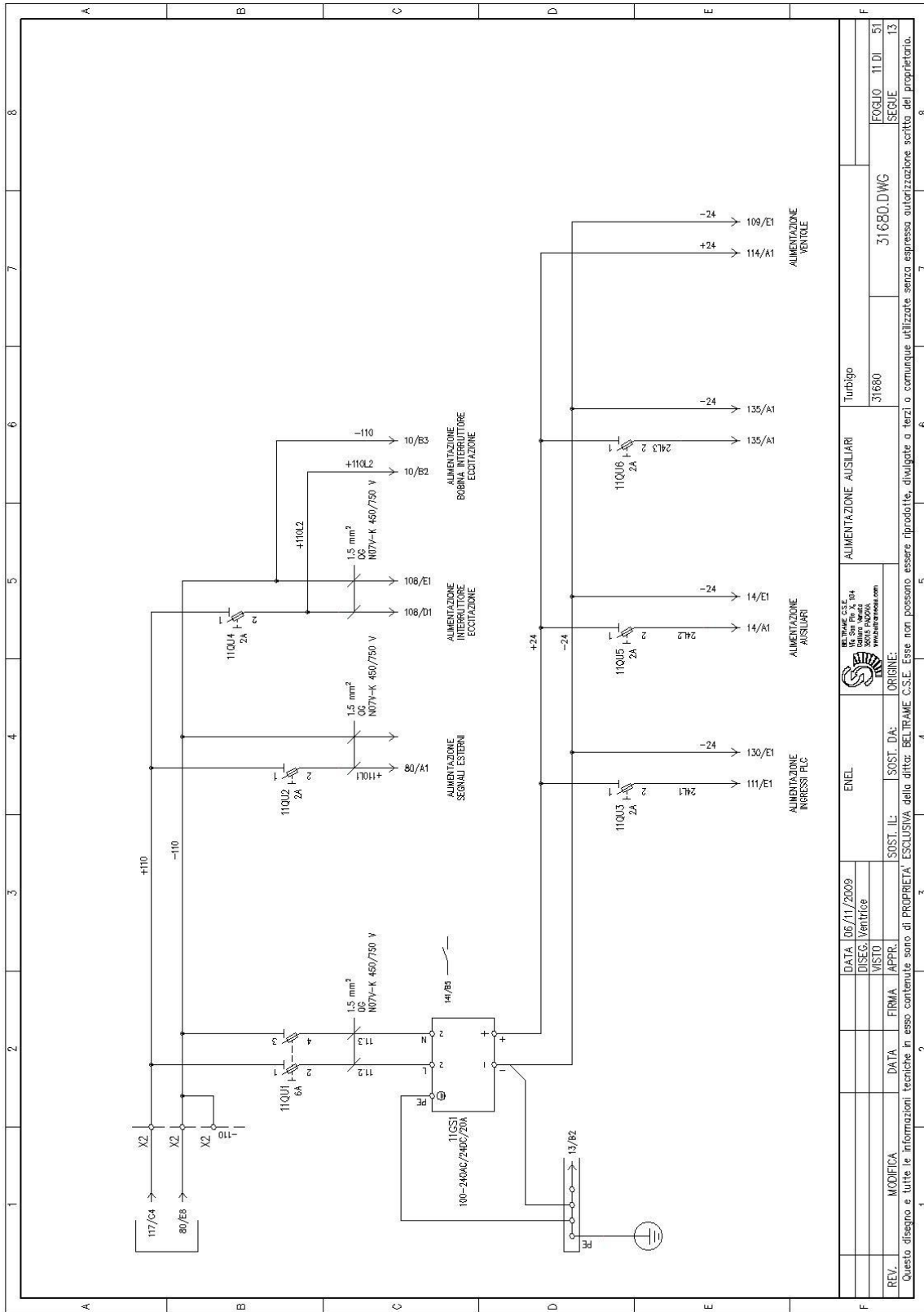


LAYOUT PIASTRA COMPONENTI		Turbigio		31680		31680.DWG		FOGLIO 5 DI 51	
ENEL		DATA 06/11/2009		DISSEG. Ventrice		VISTO		SEGUIE 6	
MODIFICA		DATA		FIRMA		APPR.		SOST. IL: PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotti, divulgati o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.	
		SOST. DA:		SOST. DI:		ORIGINE:			
		www.beltrame.com		www.beltrame.com		www.beltrame.com			

4.4 Interruttore di eccitazione

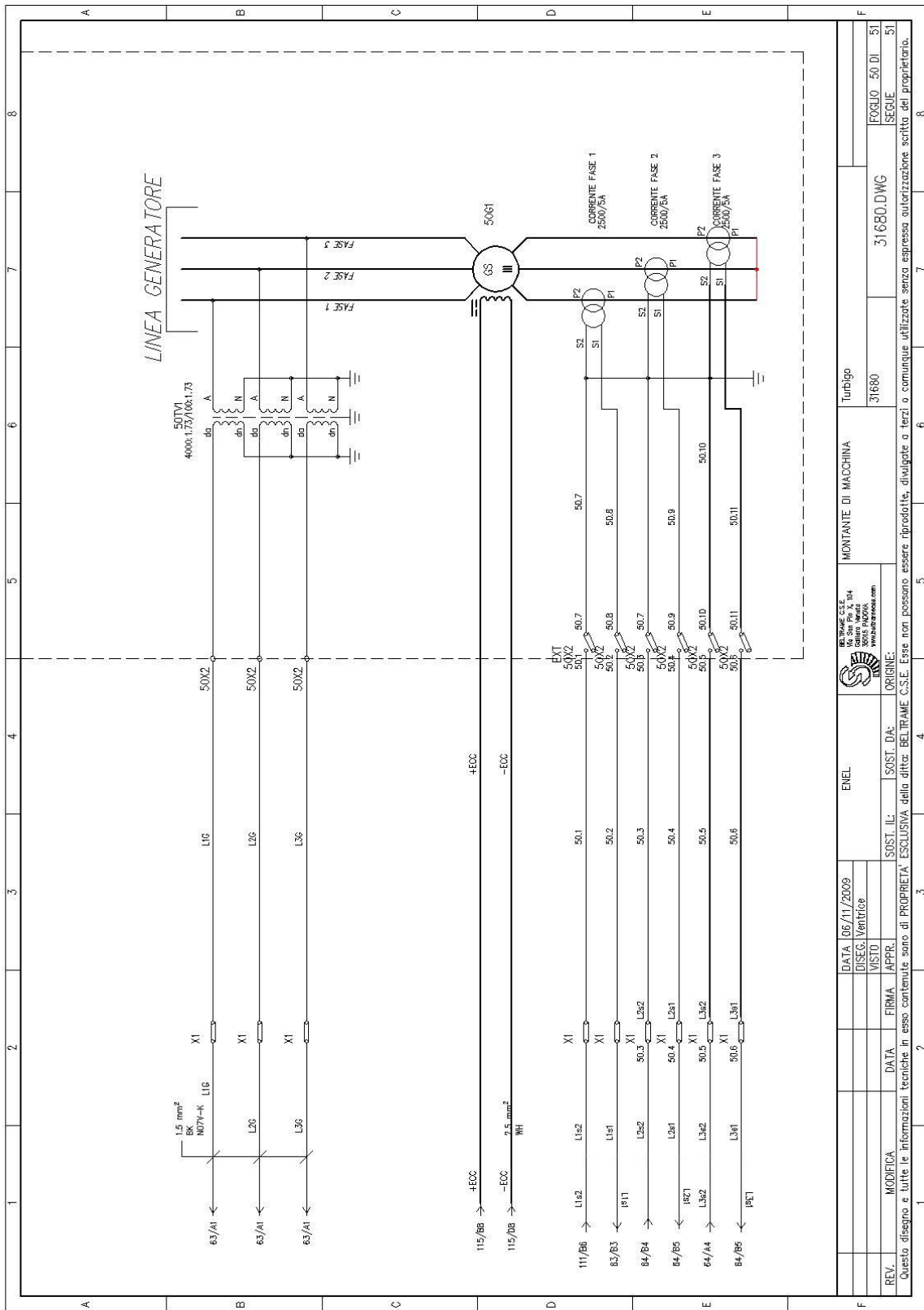


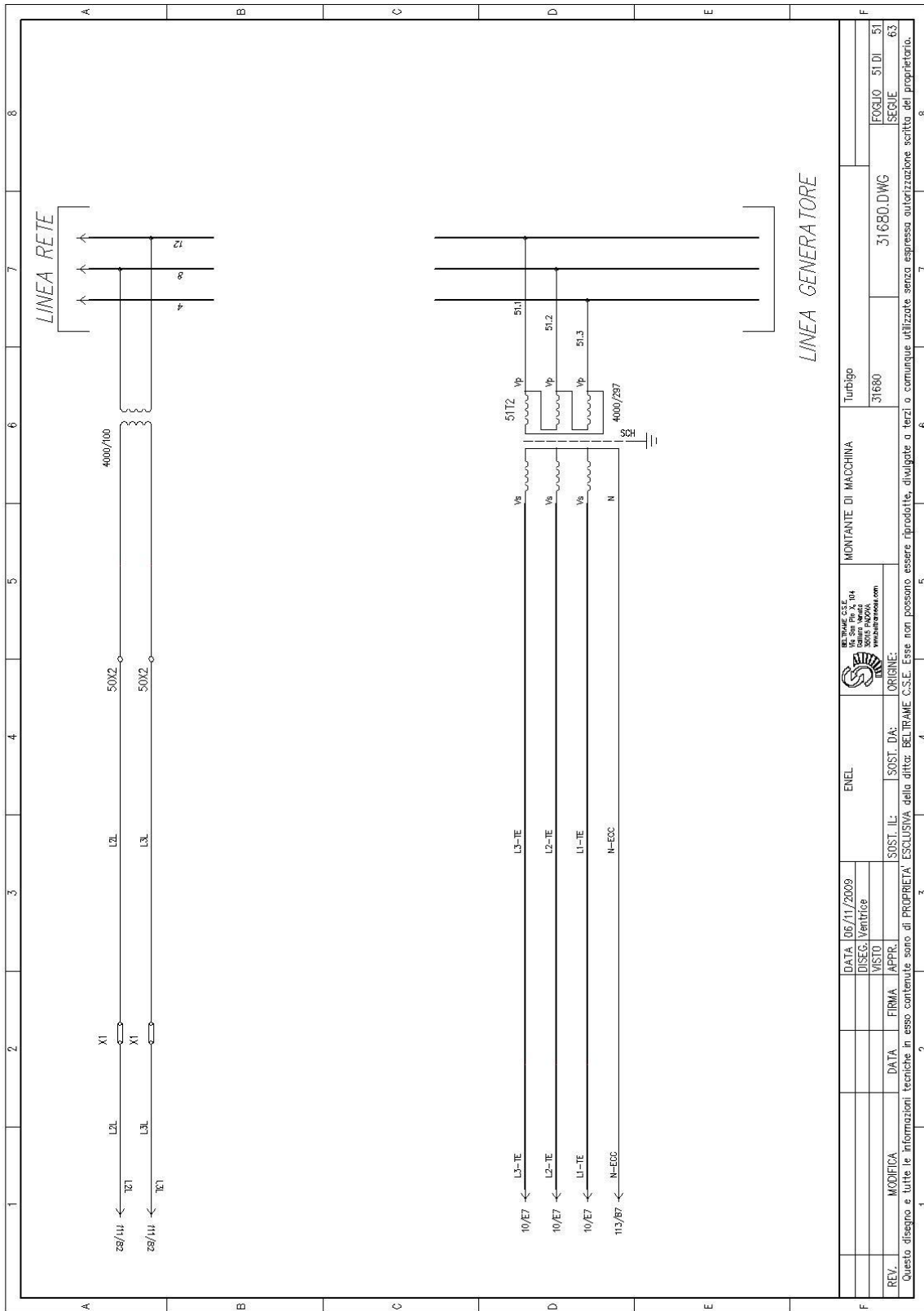
4.5 Alimentazione ausiliari



REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	APPR.	VISTO	DATA	06/11/2009	DISSEG.	Ventrice	
SOST. IL:			SOST. DA:			ORIGINE:				
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.										
					ENEL		ALIMENTAZIONE AUSILIARI		Turbigo	
					31680		31680.DWG		FOGLIO 11 DI 51	
					13		SEGUE		8	

4.6 Montante di macchina





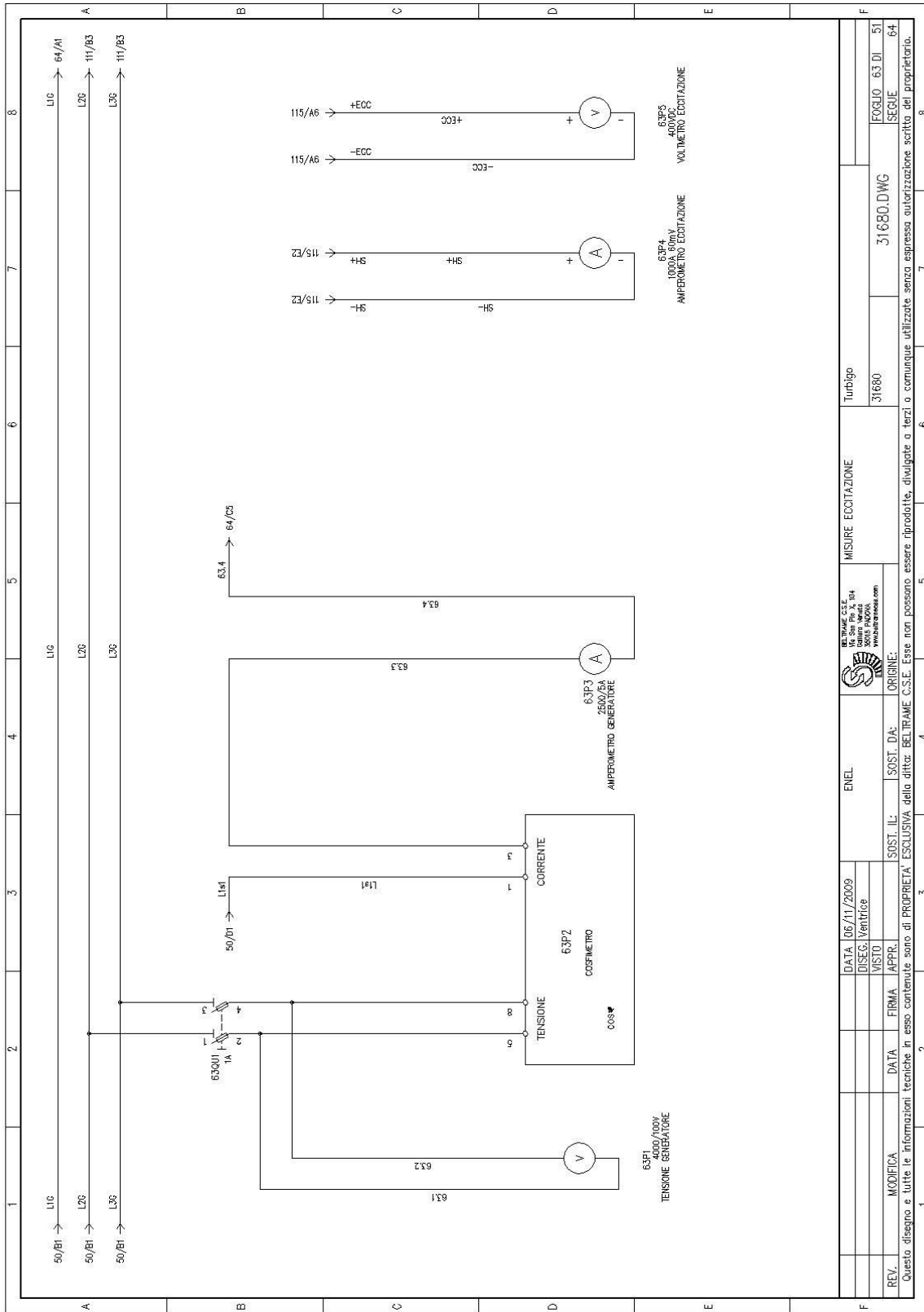
MONTANTE DI MACCHINA		Turbigio	
31680		31680.DWG	
FOGLIO 51 DI 51		63	
SEQUE		8	

REVISIONI	DATA	DISSEG.	DISSEG.	DATA	DISSEG.	DISSEG.	DATA	DISSEG.	DISSEG.
1	06/11/2009	VENTRICE	VENTRICE	06/11/2009	VENTRICE	VENTRICE	06/11/2009	VENTRICE	VENTRICE
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	APPRE.	SOST. IL:	SOST. DA:	ORIGINE:

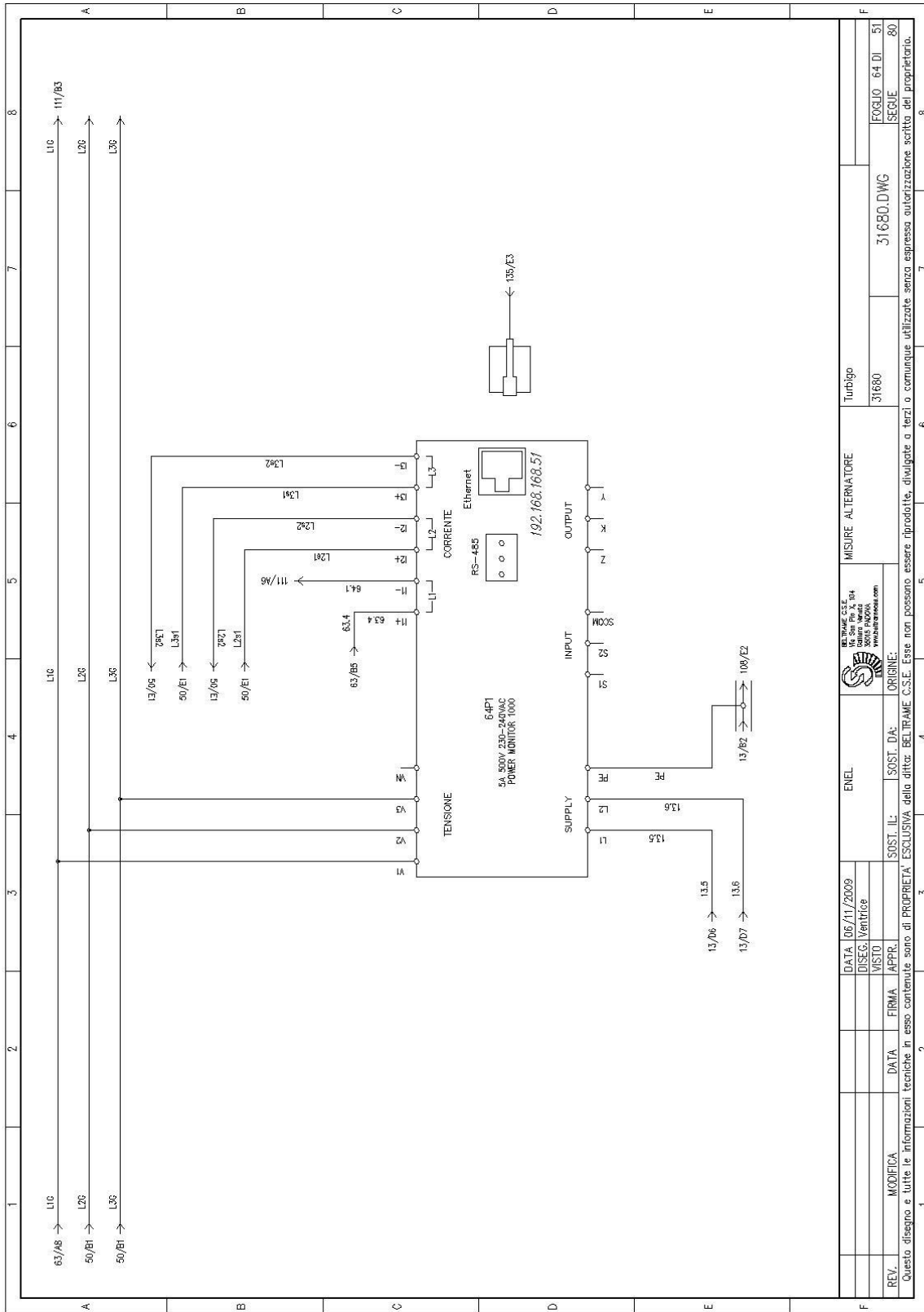
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza autorizzazione scritta del proprietario.

4.7 Misure eccitazione



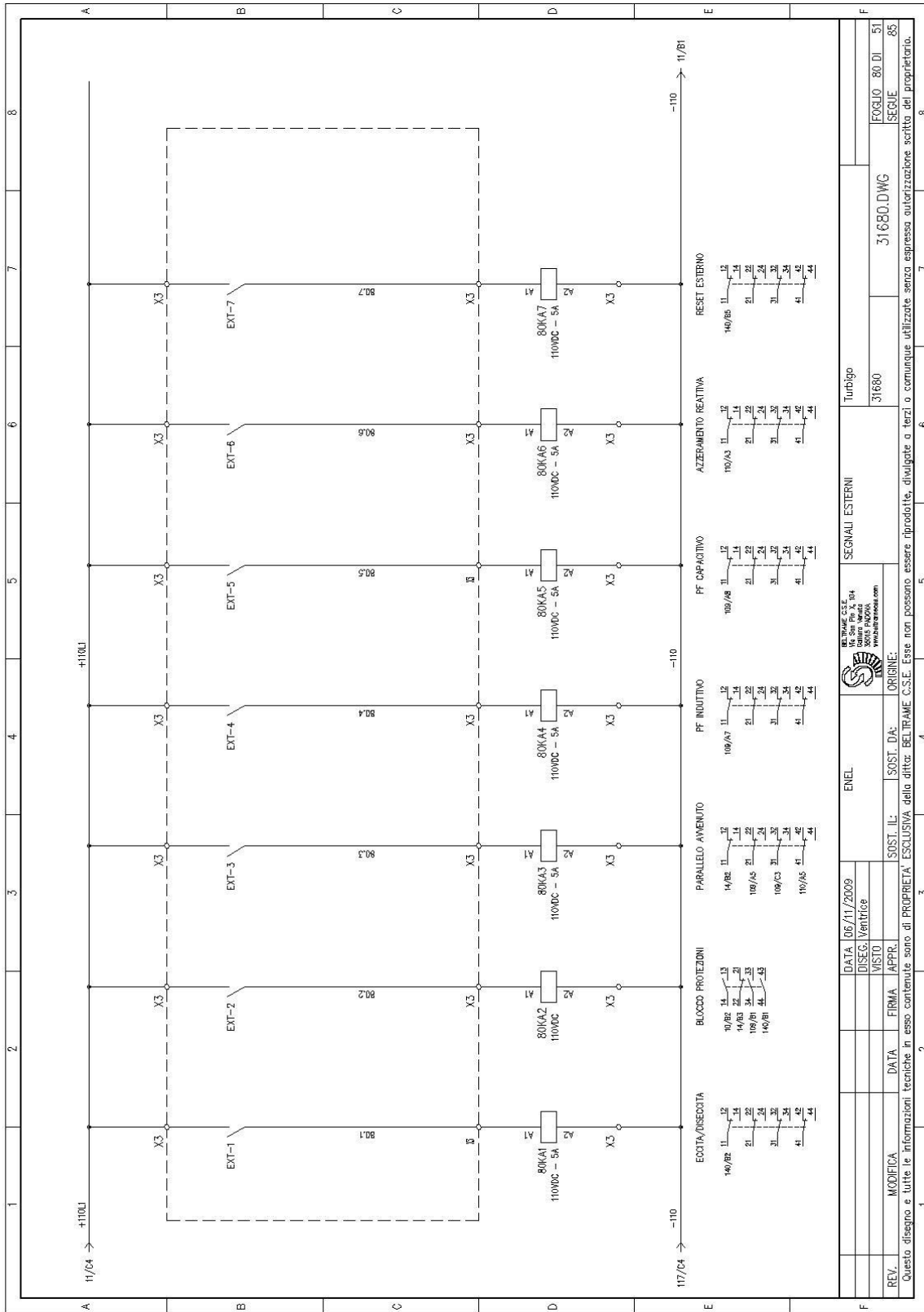
DATA	06/11/2009	ENEL	MISURE ECCITAZIONE	Turbigo	31680	31680.DWG	Foglio 63 DI 51
DISSEG.	Ventrice						SEGUE 64
VISTO							
APPR.							
FIRMA							
DATA							
MODIFICA							
ORIGINE:	MISURE C.S.E. - Via S. Rita 3, 104 - 10128 - Torino - Italia - www.beltram.com						
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.							

4.8 Misure alternatore

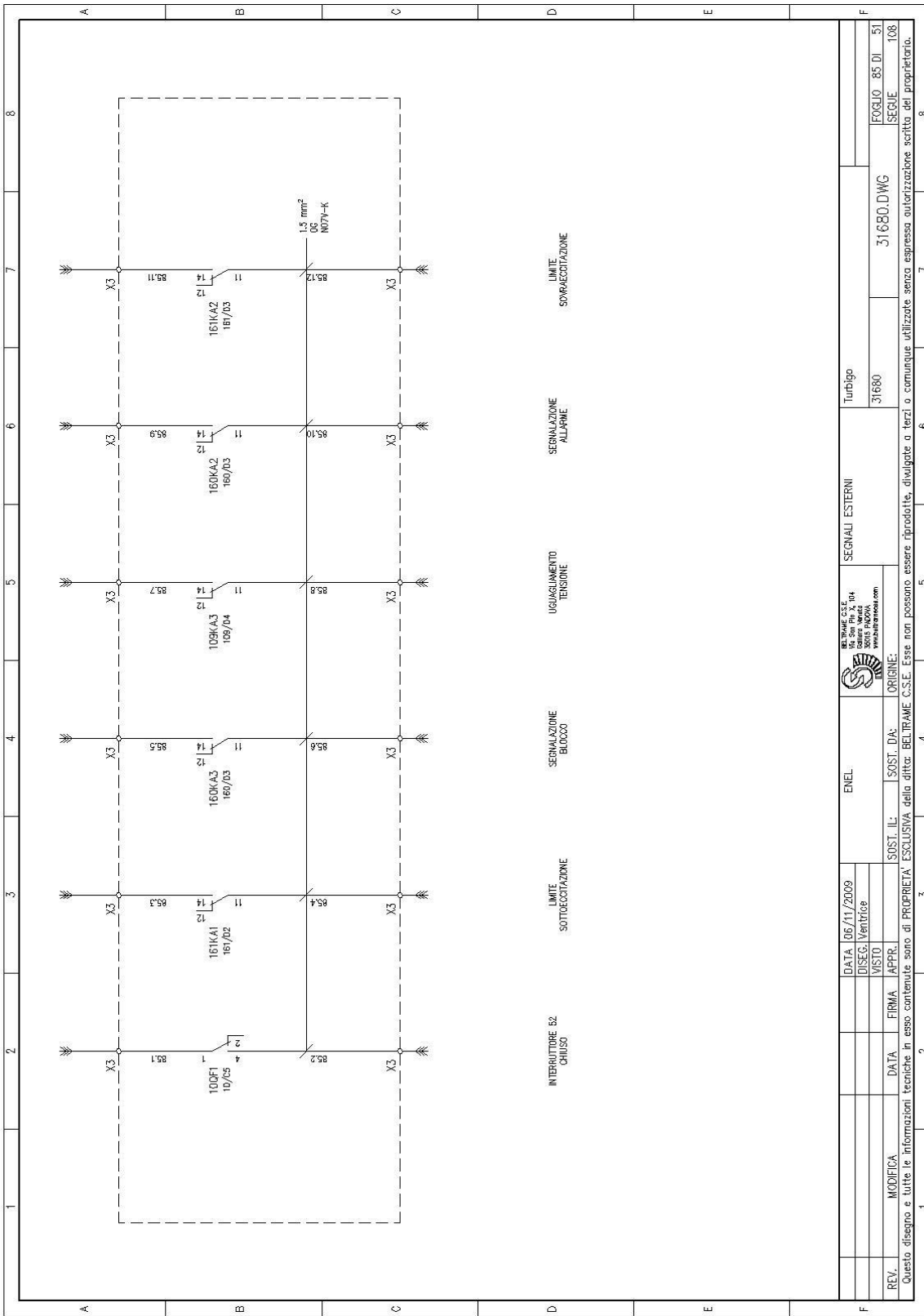


REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	APPR.	DISSEG.	VISTO	DATA	06/11/2009	ENEL	MISURE ALTERNATORE	Turbigo	31680	31680.DWG	FOGLIO	64 DI	51
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.													80			

4.9 Segnali esterni

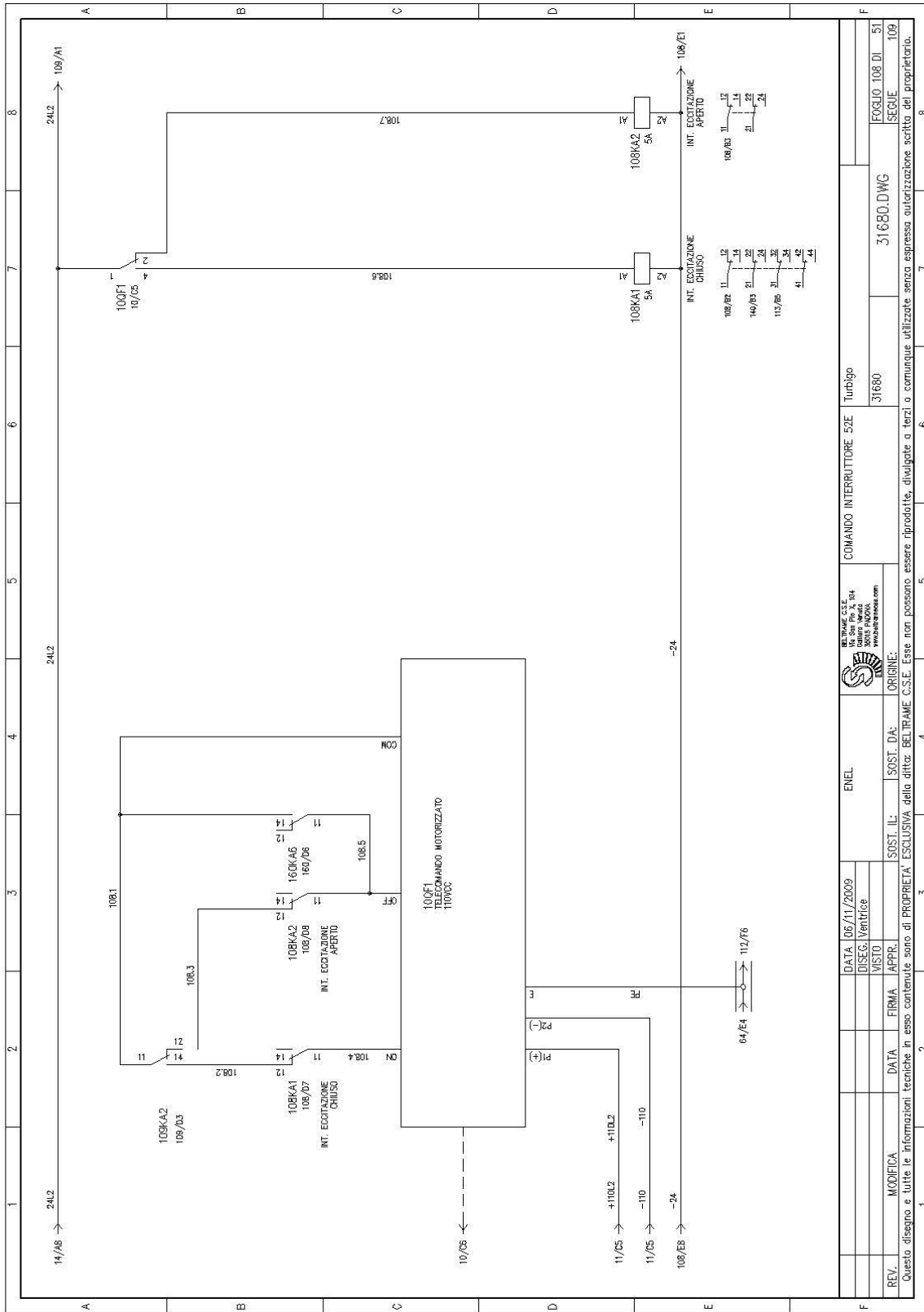


		SEGNALI ESTERNI	
BELTRAME C.S.E. Via San Pio 3, 104 00198 Roma www.beltrame.com		Turbigo 31680	
DATA: 06/11/2009 DISSEG: Ventrice	ENEL	SOST. IL:	SOST. DA:
DATA:	DATA:	DATA:	DATA:
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
APPR:	APPR:	APPR:	APPR:
VISTO:	VISTO:	VISTO:	VISTO:
REV. MODIFICA	REV. MODIFICA	REV. MODIFICA	REV. MODIFICA
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza autorizzazione scritta del proprietario.		FOGLIO 80 DI 51	SEGUE 85



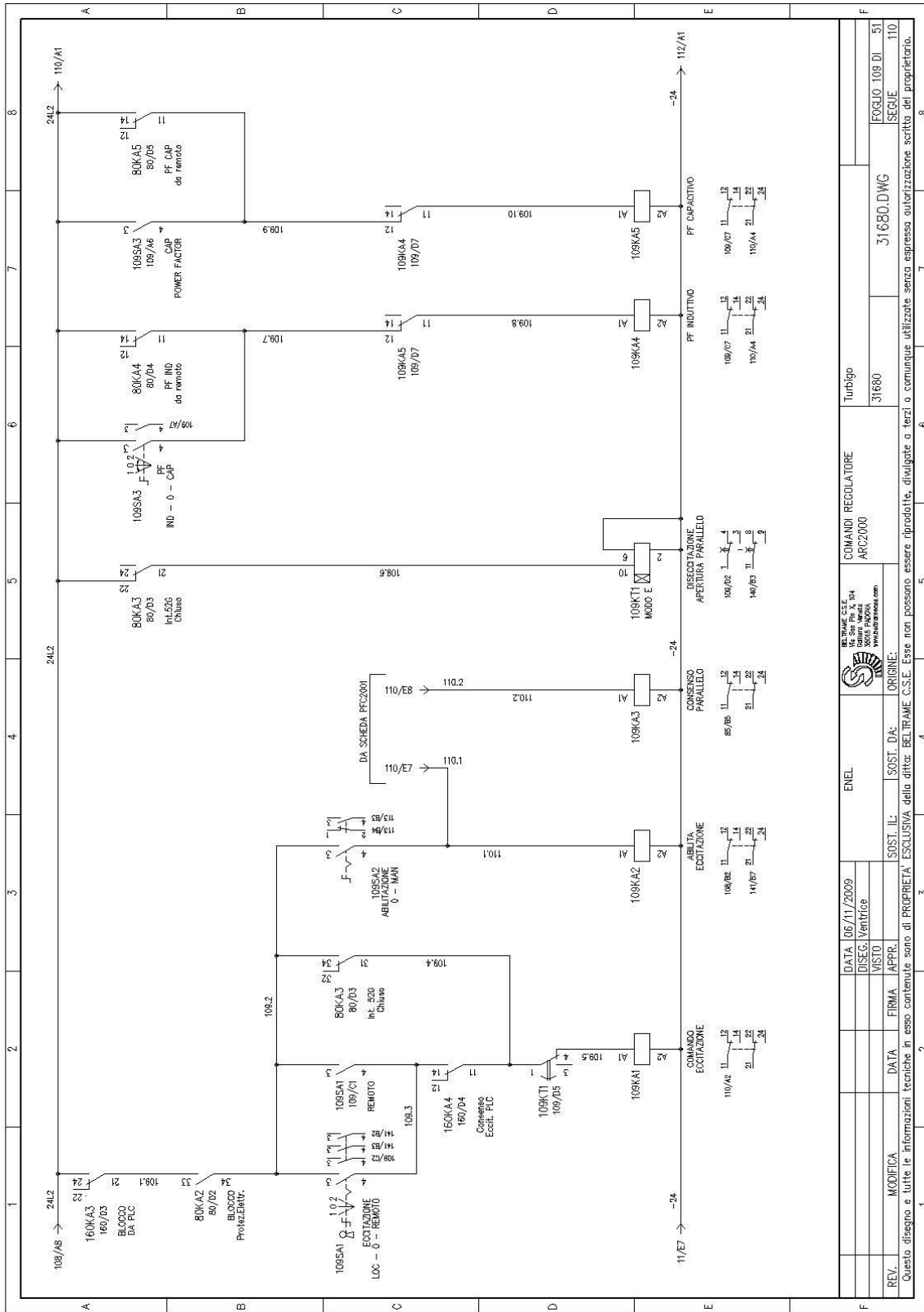
		ENEL		SEGNALI ESTERNI		Turbigio	
DATA: 06/11/2009		DISC. Ventrice				31680	
VISTO		APPR.		ORIGINE:		FOGLIO 85 DI 51	
REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	SOST. IL:	SOST. DA:	31680.DWG	
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza autorizzazione scritta del proprietario.							
						108	
						SEQUE	

4.10 Comando interruttore 52E



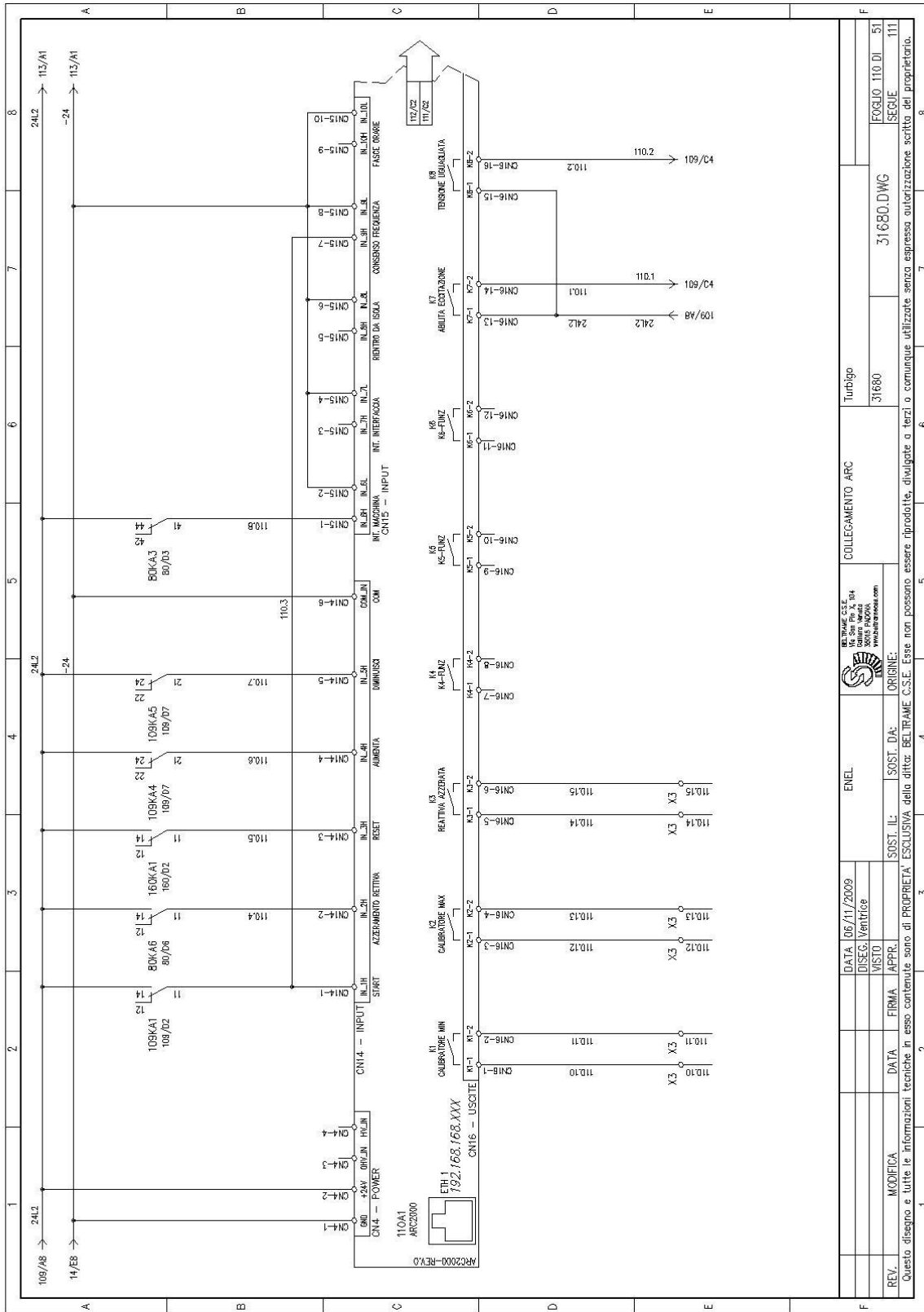
 BELTRAME C.S.E. Gruppo Meridionale Via S. Maria, 104 00197 Roma (RM) www.beltrame.com		ORIGINE: TURBIGO	
DATA: 06/11/2009 DISSEG. Ventrice		COMANDO INTERRUTTORE 52E Turbigo	
REV. MODIFICA	DATA	FIRMA	APPR.
SOST. IL:		SOST. DA:	
Foglio 108 DI 51		Foglio 108 DI 51	
31680		31680.DWG	
SEGUE		109	

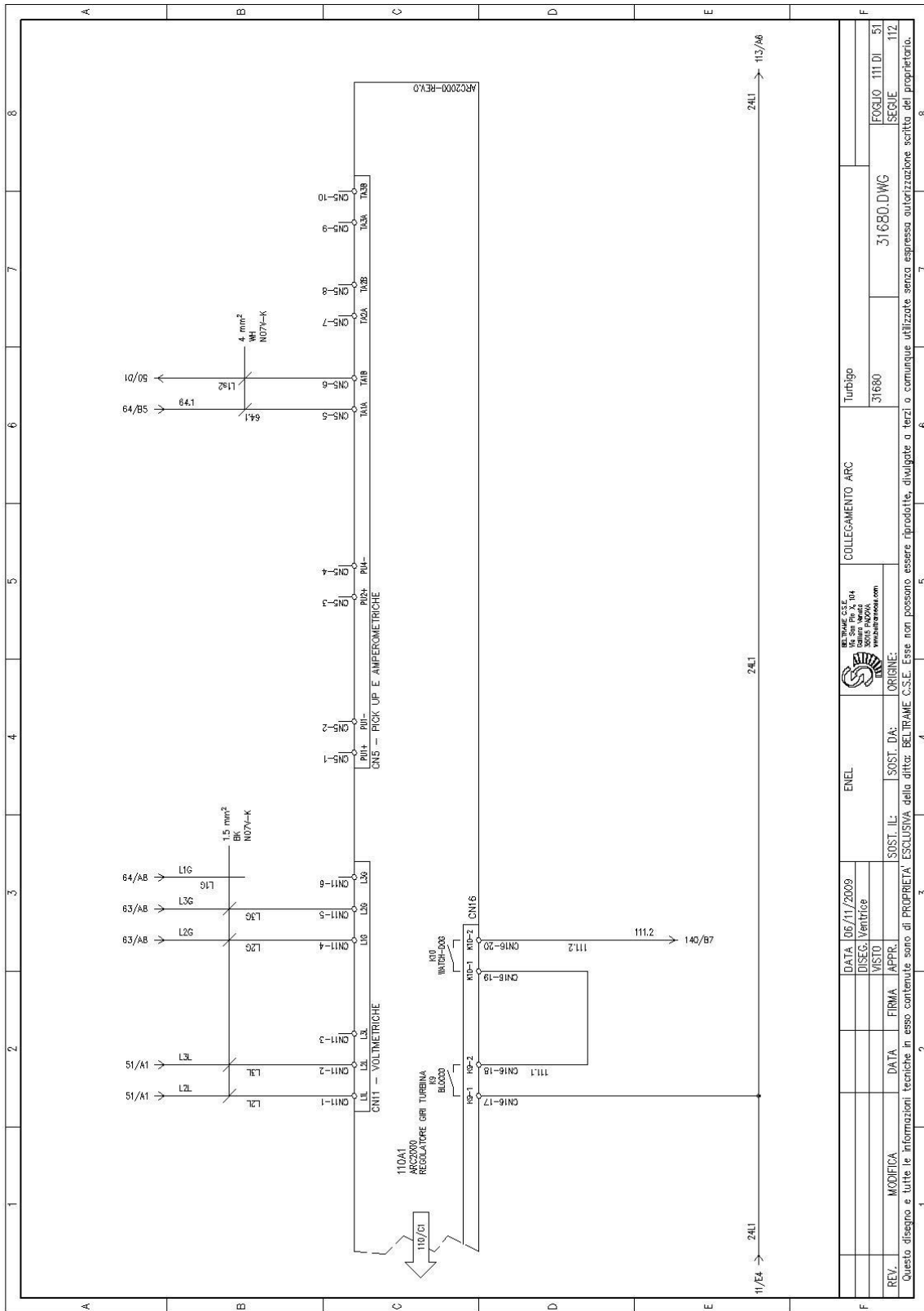
4.11 Comando regolatore ARC2000




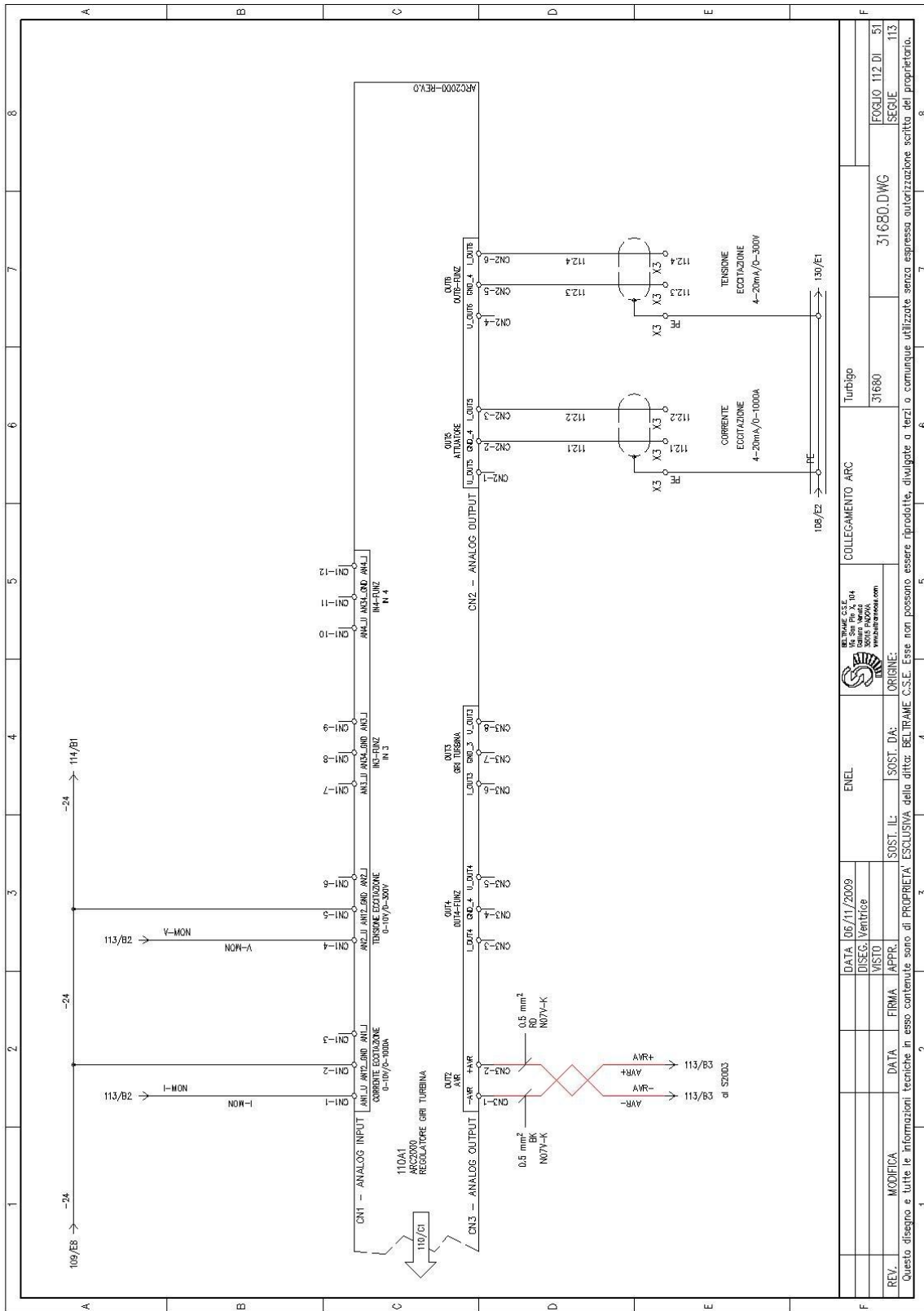
		COMANDI REGOLATORE ARC2000		Turbigo 31680		FOGLIO 109 DI 51 SEGUE 110	
ENEL		DATA 06/11/2009 DISSEG. Ventrice		SOST. IL: SOST. DA: ORIGINE:		Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.	
REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	APPR.	VISTO		

4.12 Collegamento ARC2000

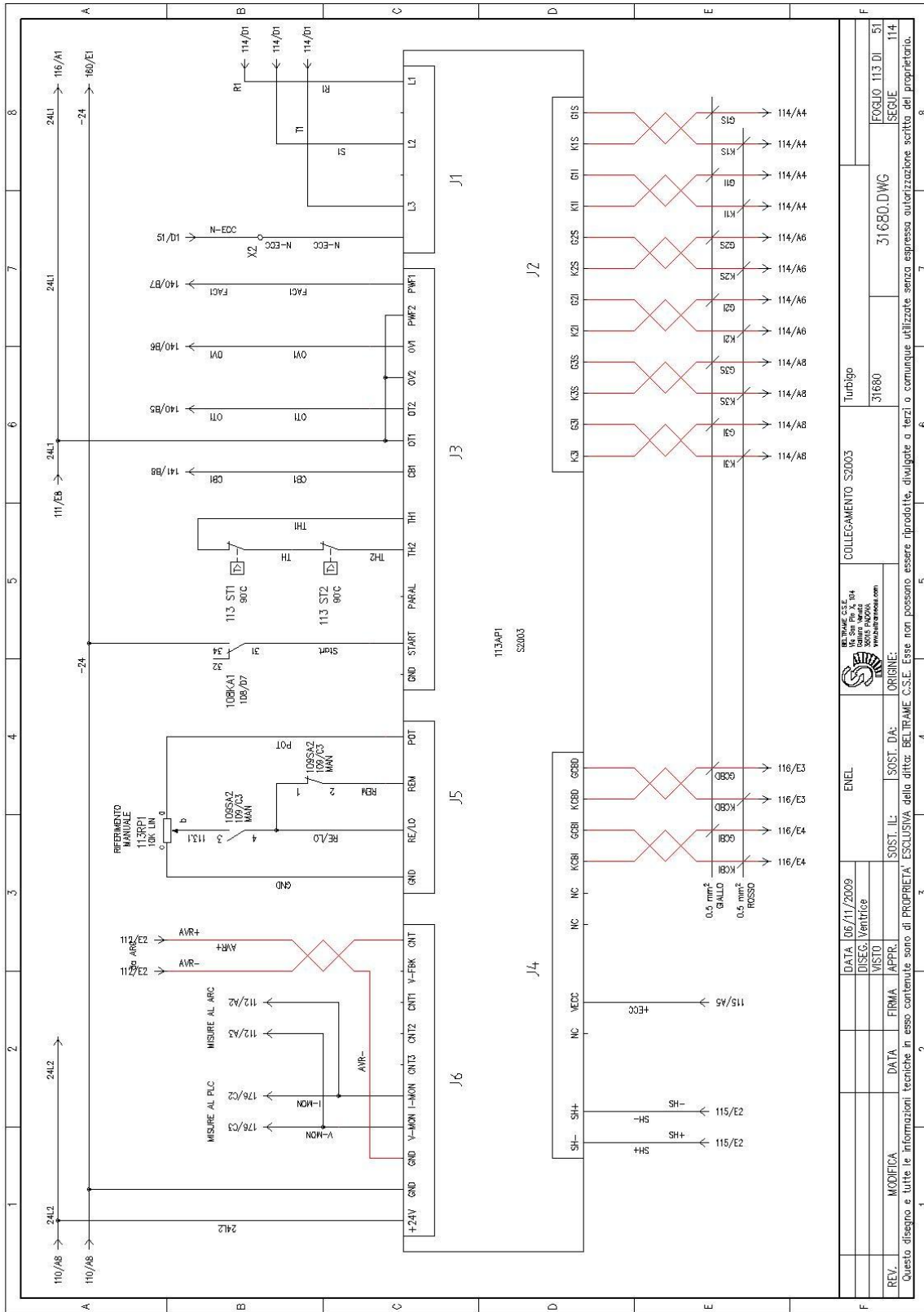




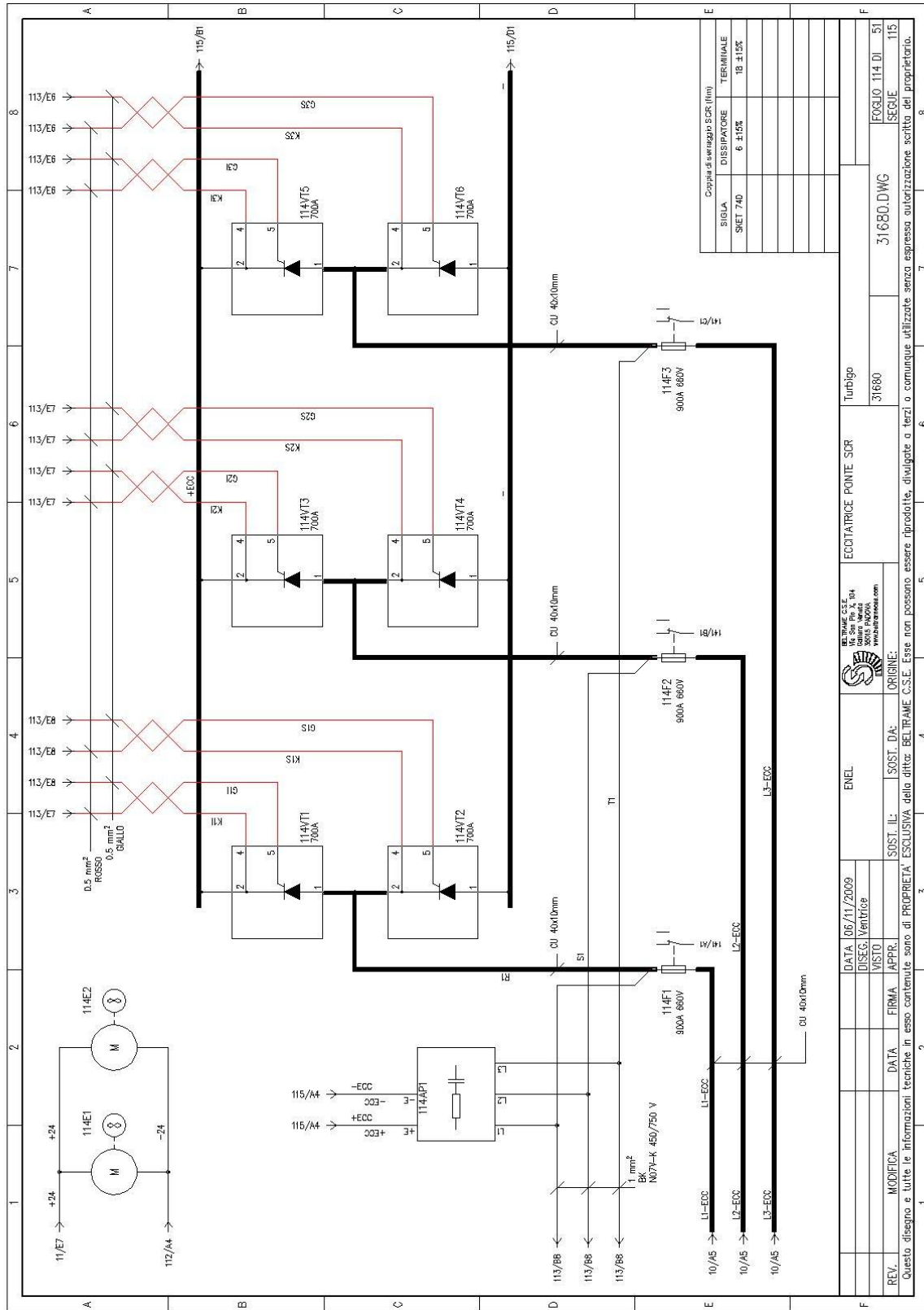
		COLLEGAMENTO ARC		Turbigo	
BELTRAME C.S.E. Via San Pio X, 104 10126 - TORINO Tel. 011/261111 www.beltrame.com		ORIGINE:		31680	
DATA: 06/11/2009	DISC. Ventrice	SOST. IL:	SOST. DA:	FOGLIO 111 DI 51	112
VISTO	FIRMA	APPR.	APPROV.	31680.DWG	SEGUE
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.					



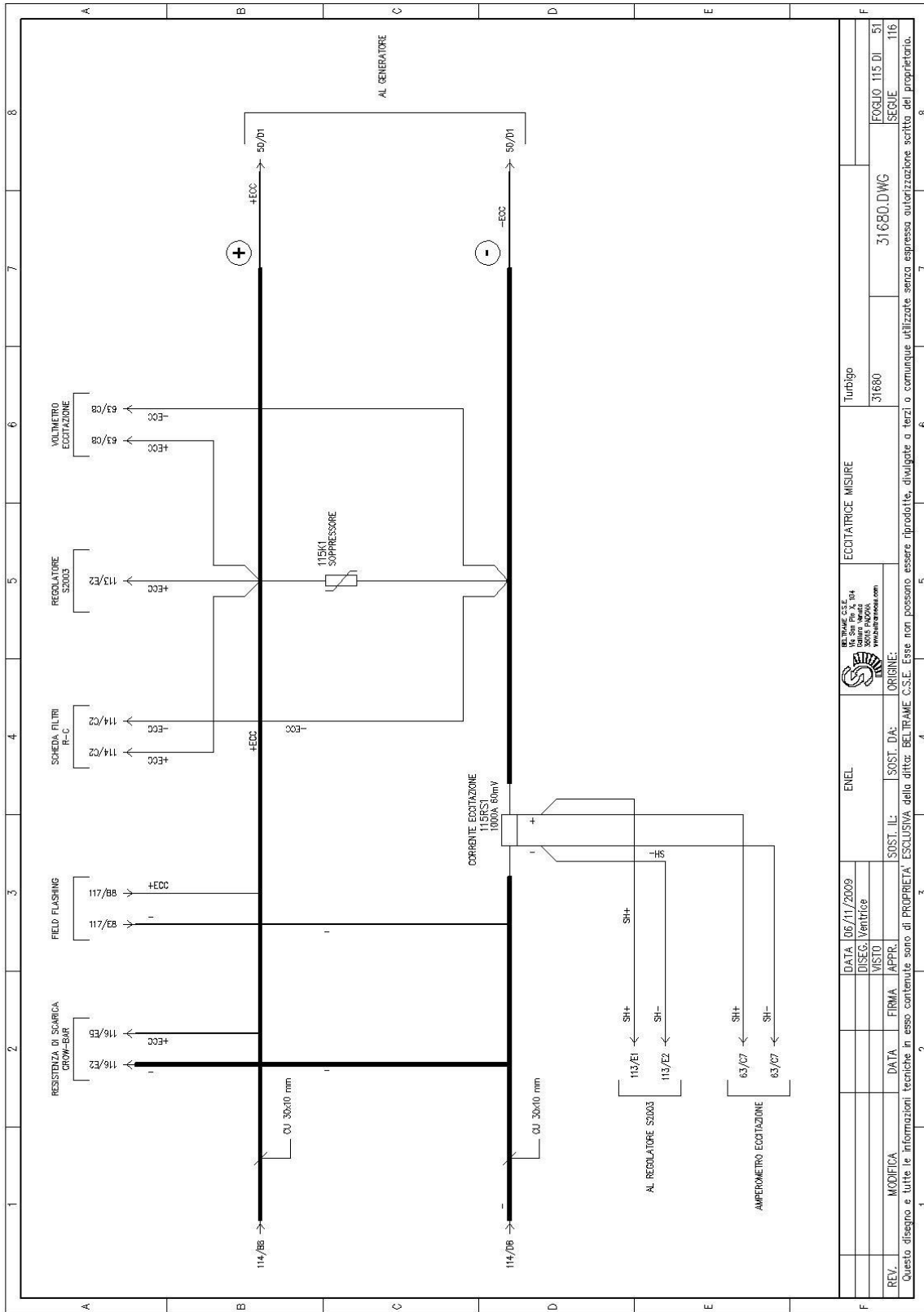
4.13 Collegamento S 2003



4.14 Eccitatrice: ponte SCR

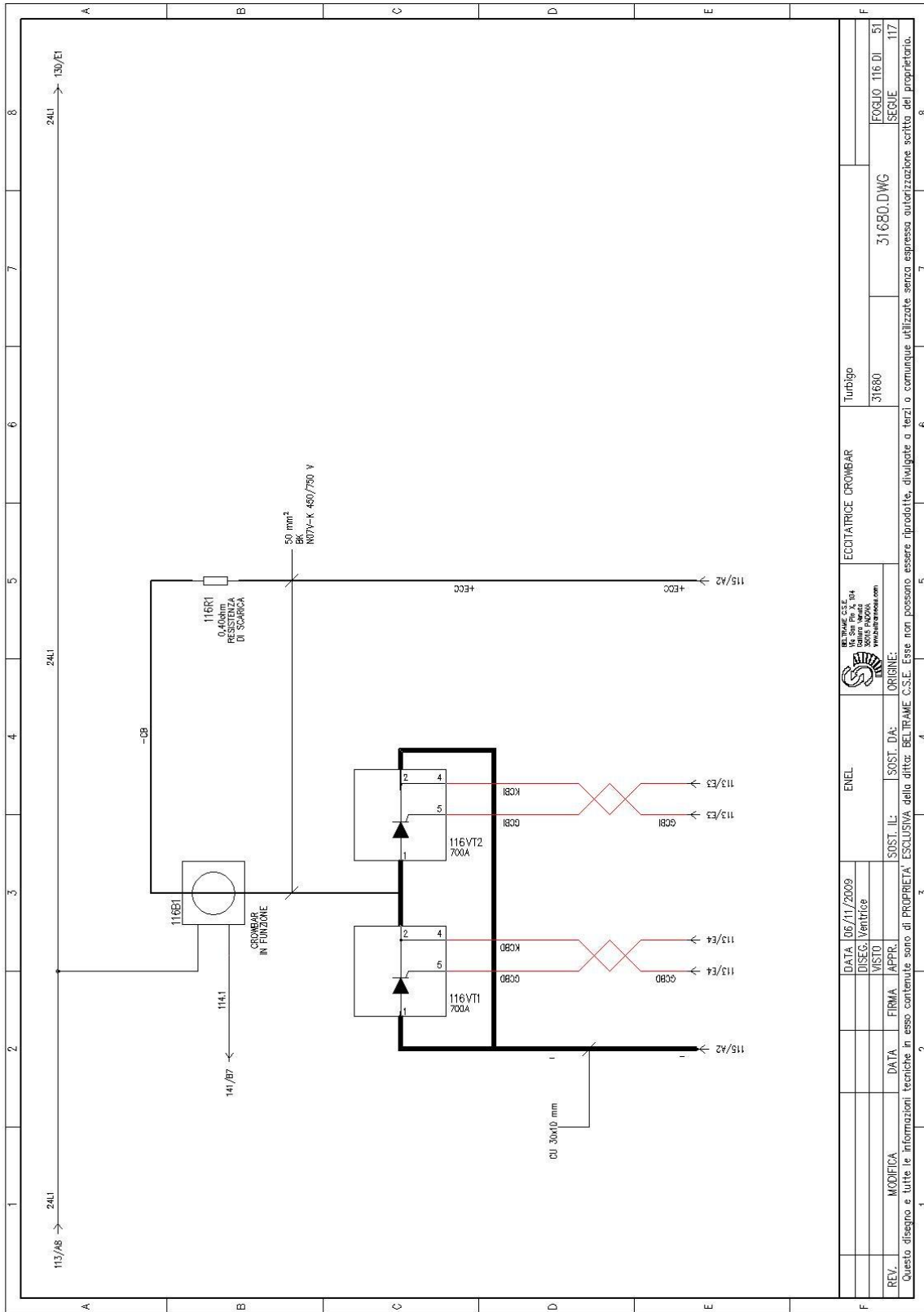


4.15 Eccitatrice: misure



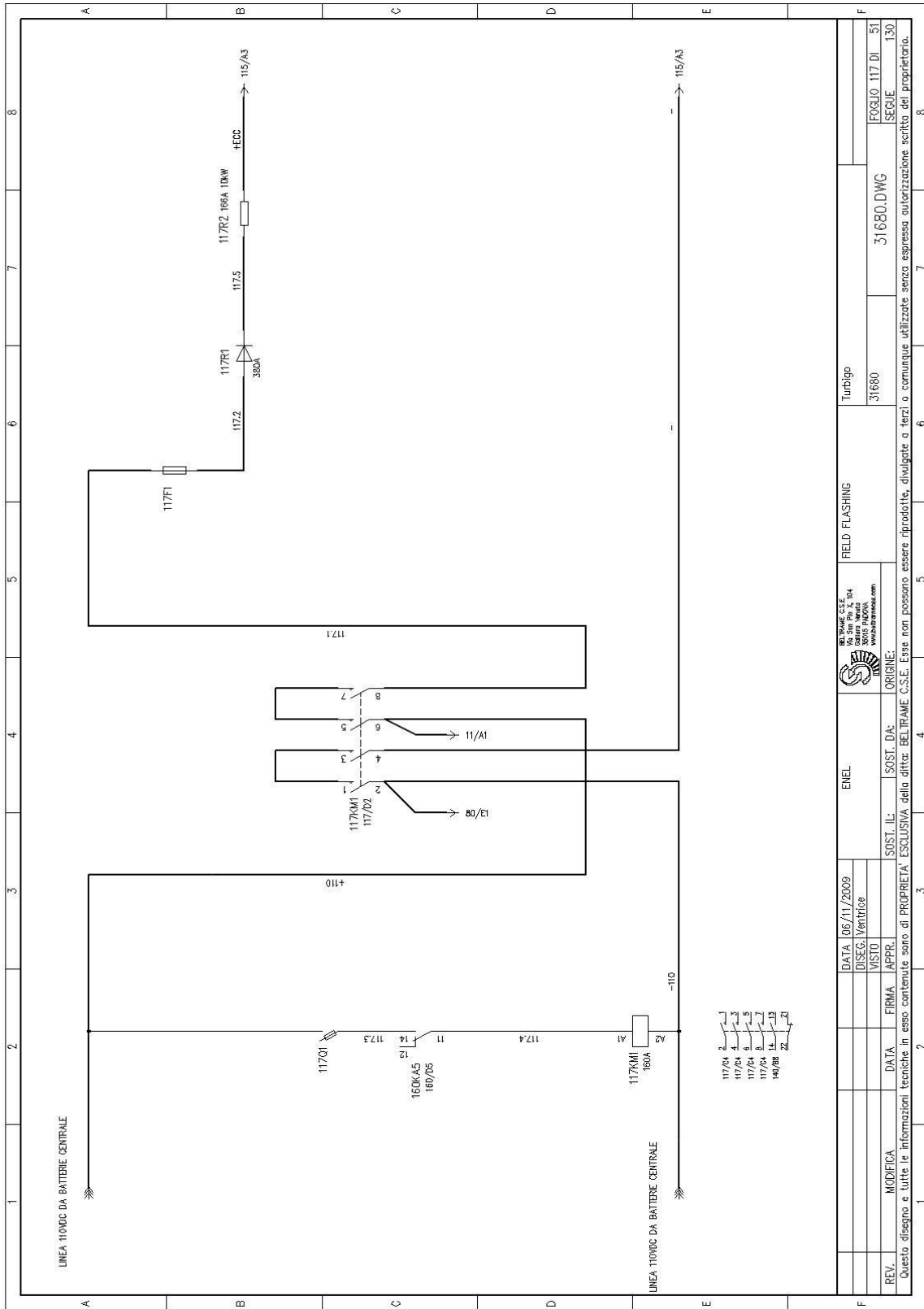
ENEL		06/11/2009		06/11/2009		Turbigio	
DISSEG. Ventrice		VISTO		VISTO		31680	
DATA		FIRMA		SOST. IL:		31680.DWG	
MODIFICA		DATA		SOST. DA:		FOGLIO 115 DI 51	
REV.		FIRMA		SOST. DA:		SEGUE 116	
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.							
BELTRAME C.S.E. Via San Pio 2, 104 00187 Roma (RM) www.beltrame.com		ORIGINE:		31680		31680	
ECCITATRICE MISURE				31680			

4.16 Eccitatrice: crowbar

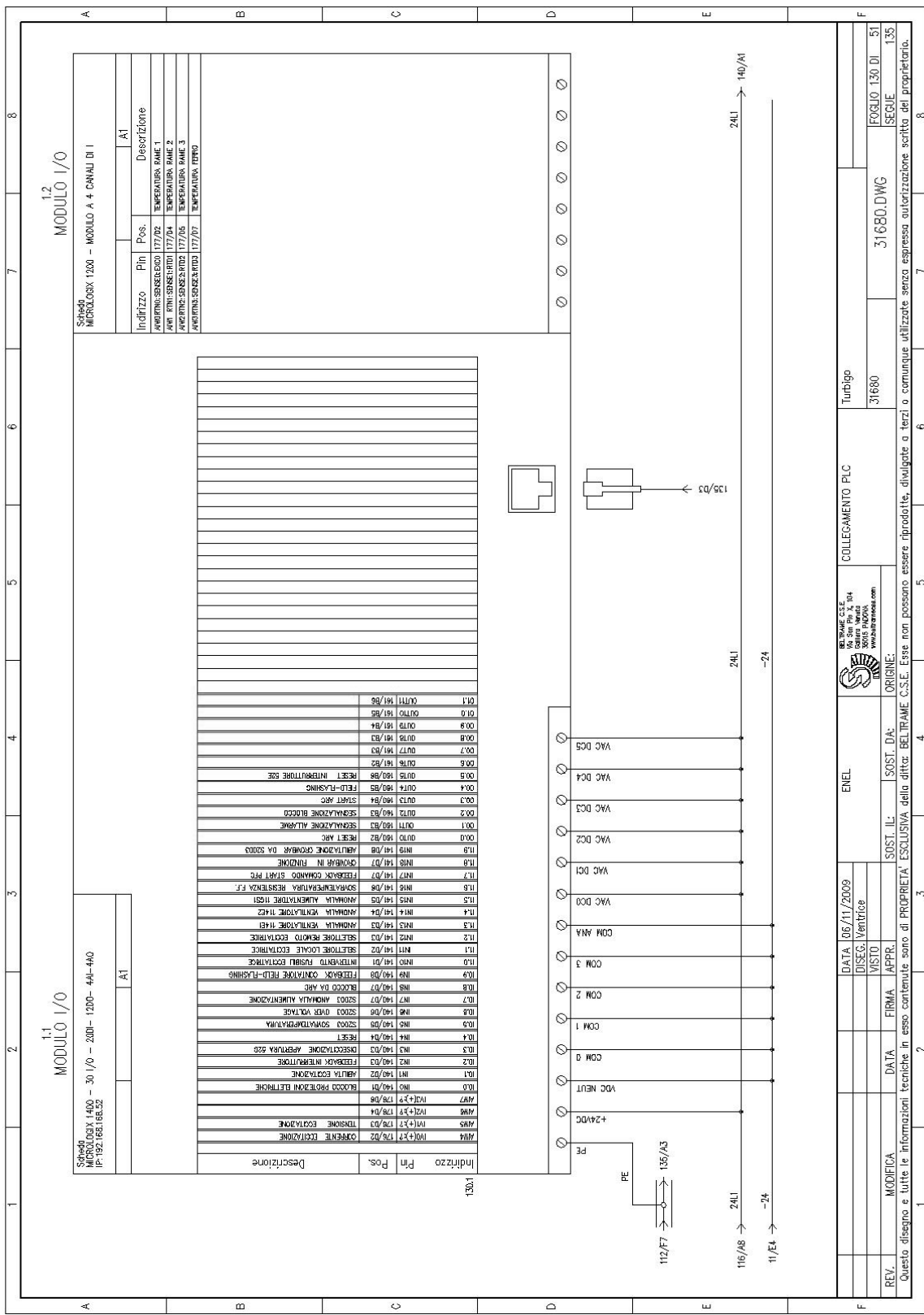


115/A8	240V	130/E1	240V	115/A2	115/A2	113/E3	113/E3	113/E4	113/E4
<p>116E1 CROWBAR IN FUNZIONE</p> <p>116R1 0,4Ω RESISTENZA DI SCARICA</p> <p>50 mm² MDTY-K 450/750 V</p> <p>116VT1 700V 116VT2 700V</p> <p>115/A2</p> <p>113/E3 GC81</p> <p>113/E4 GC80</p> <p>OC80 OC81</p> <p>CU 30x10 mm</p>									
<p>ENEL</p> <p>DATA: 06/11/2009</p> <p>DISSEG: Ventrice</p> <p>VISTO:</p> <p>APPR:</p> <p>FIRMA:</p> <p>DATA:</p>		<p>SOST. IL:</p> <p>SOST. DA:</p> <p>ORIGINE:</p>		<p>ECOTATRICE CROWBAR</p> <p>Turbigo</p> <p>31680</p>		<p>31680.DWG</p> <p>Foglio 116 DI 51</p> <p>SEGUE 117</p>		<p>Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.</p>	

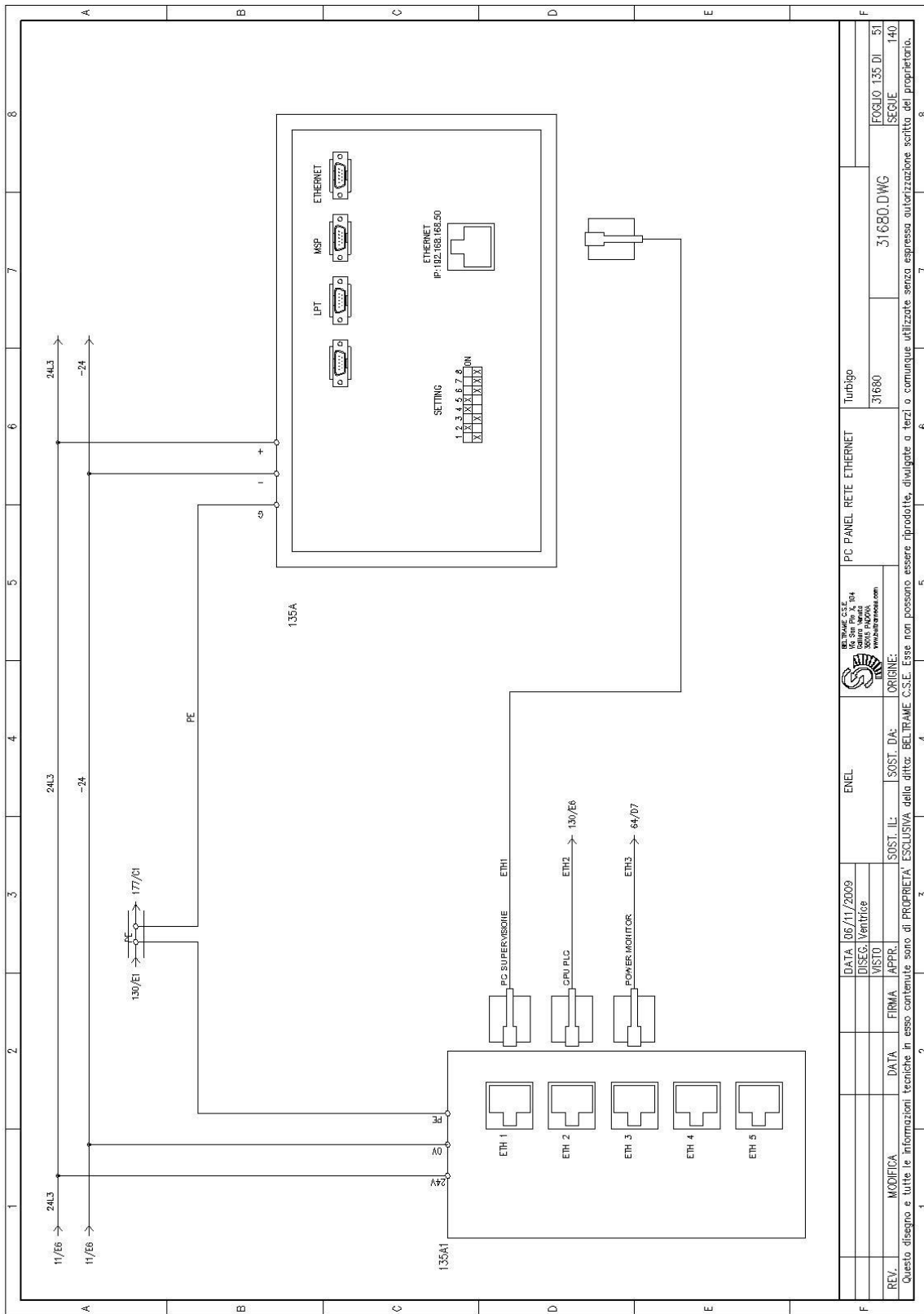
4.17 Field flashing



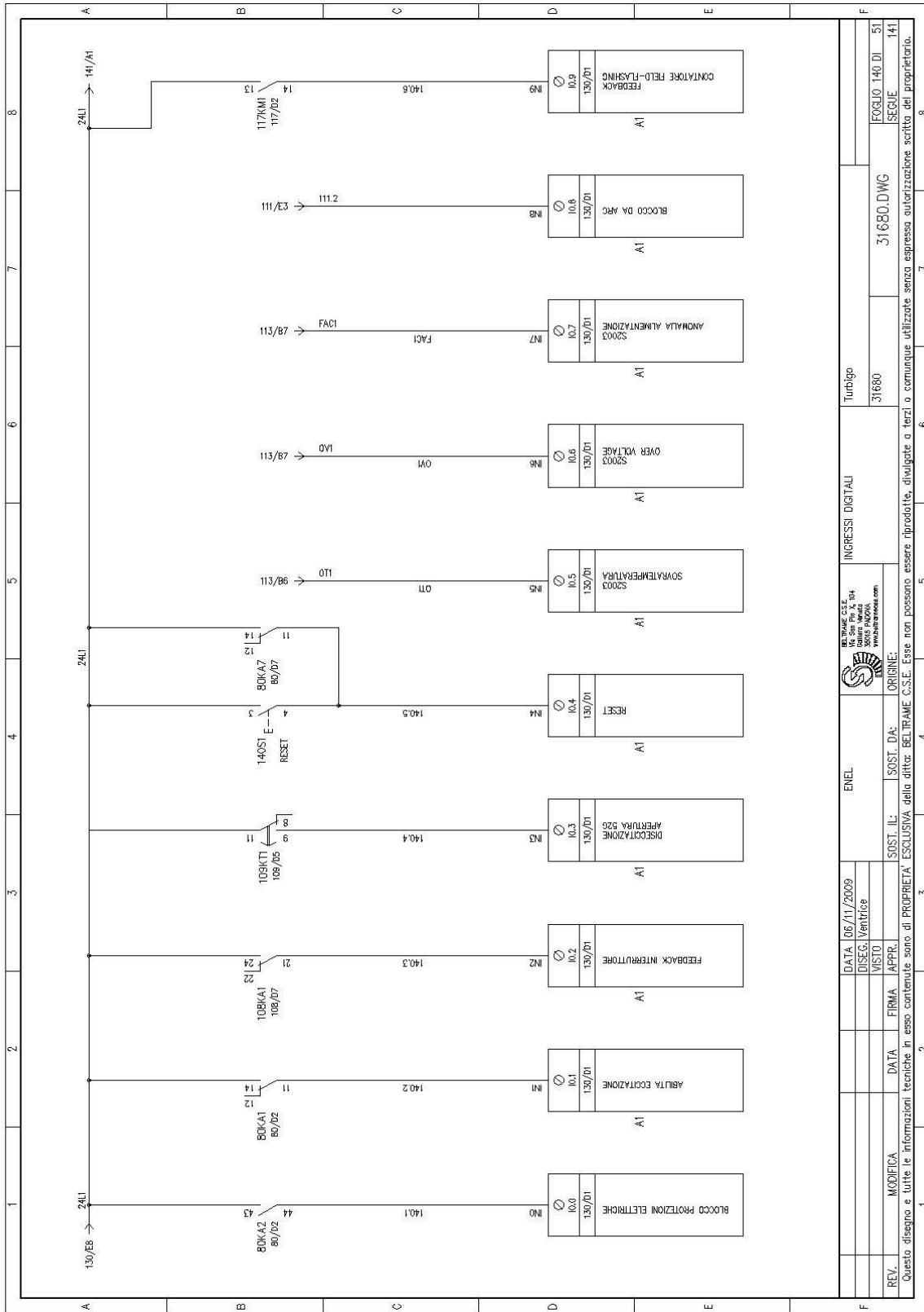
4.18 Collegamento PLC

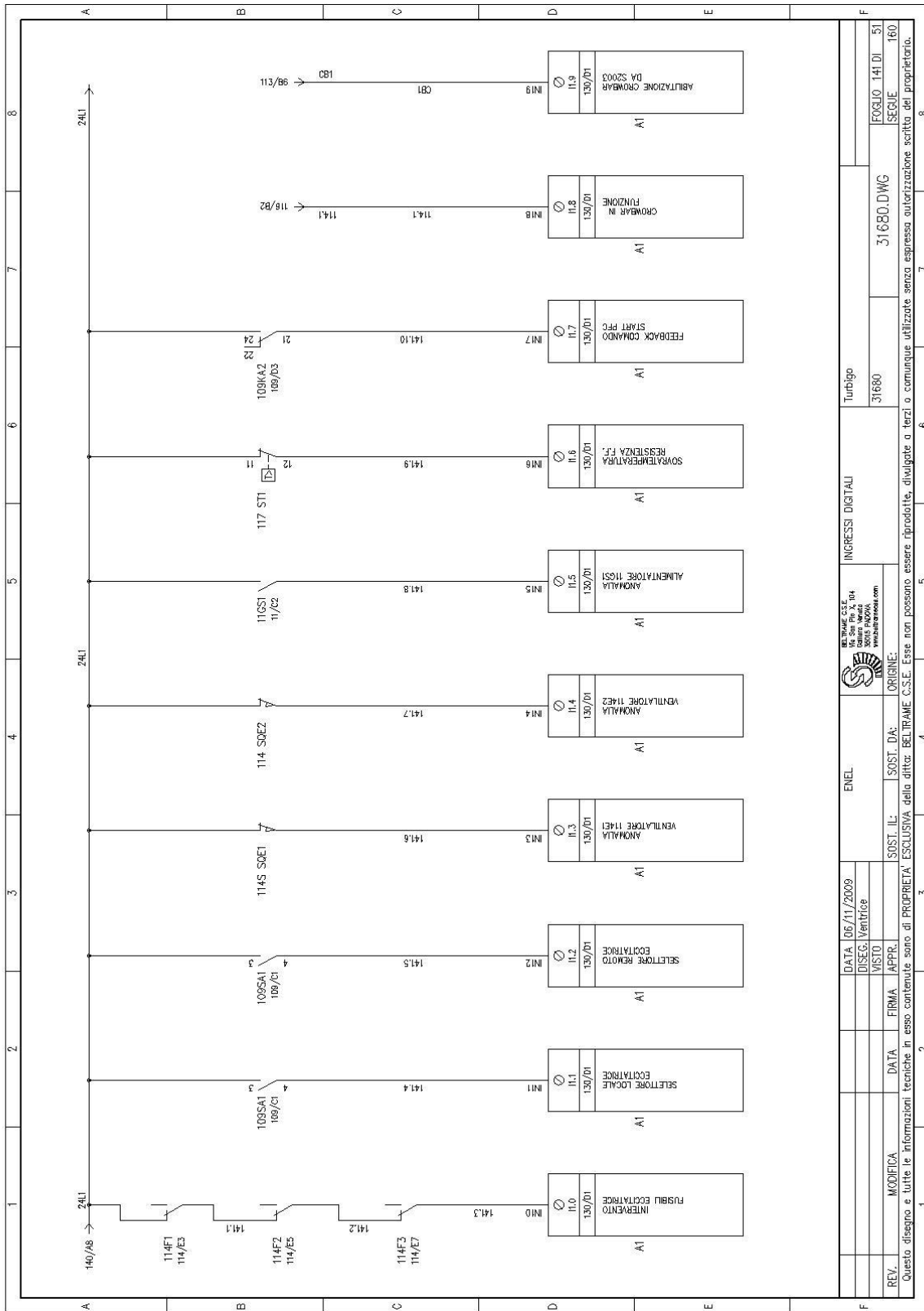


4.19 Pannel PC e rete ethernet



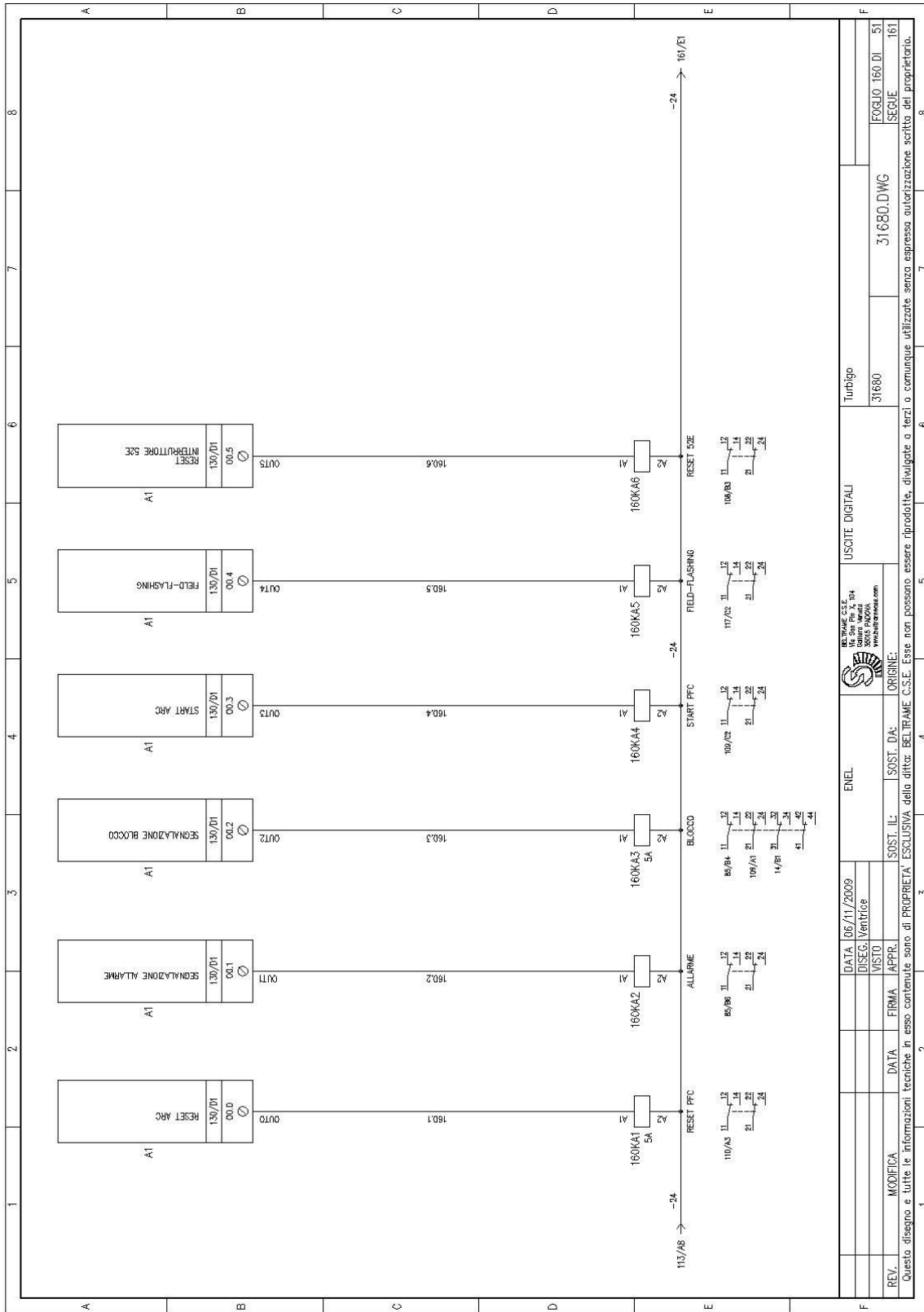
4.20 Ingressi digitali

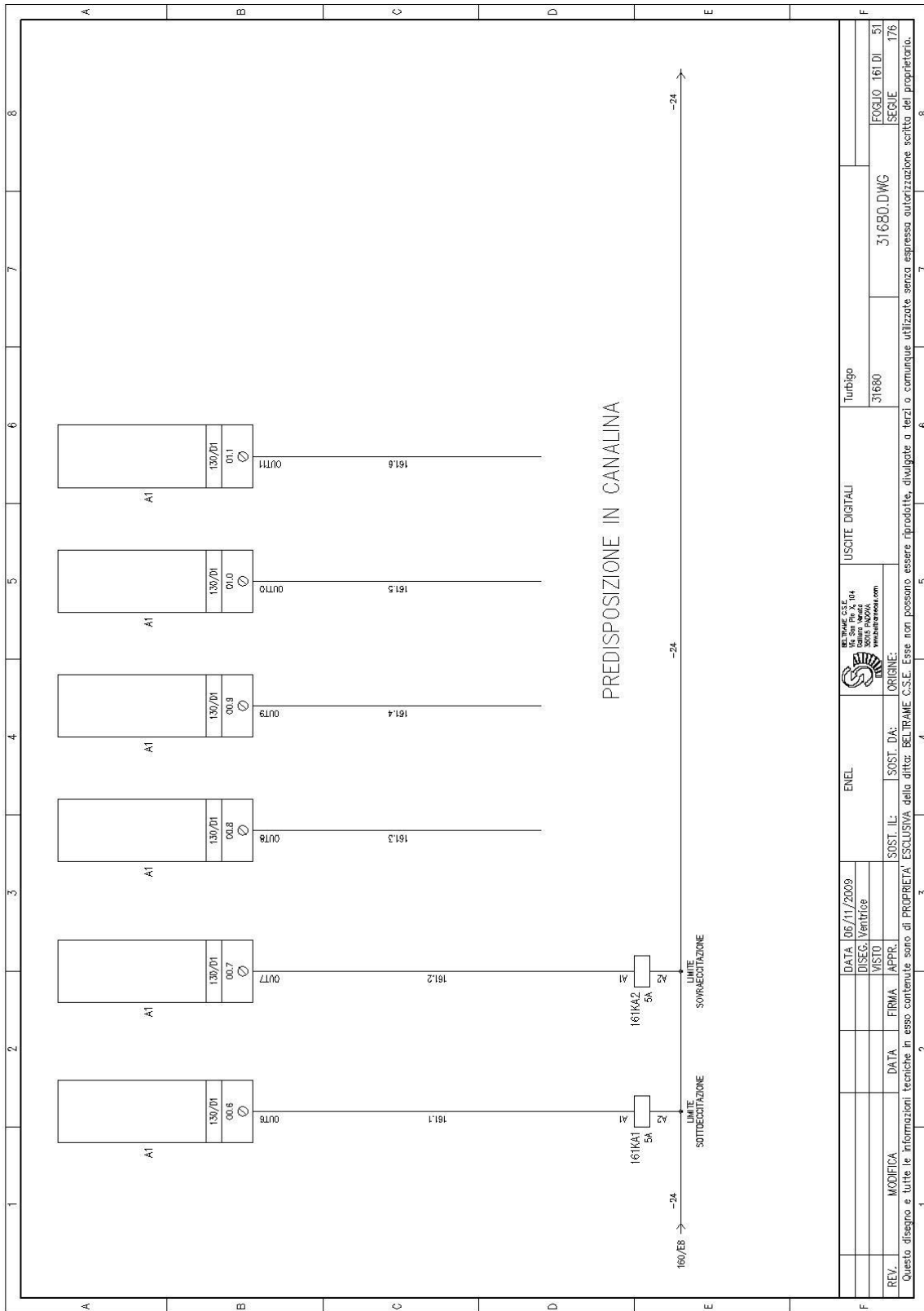




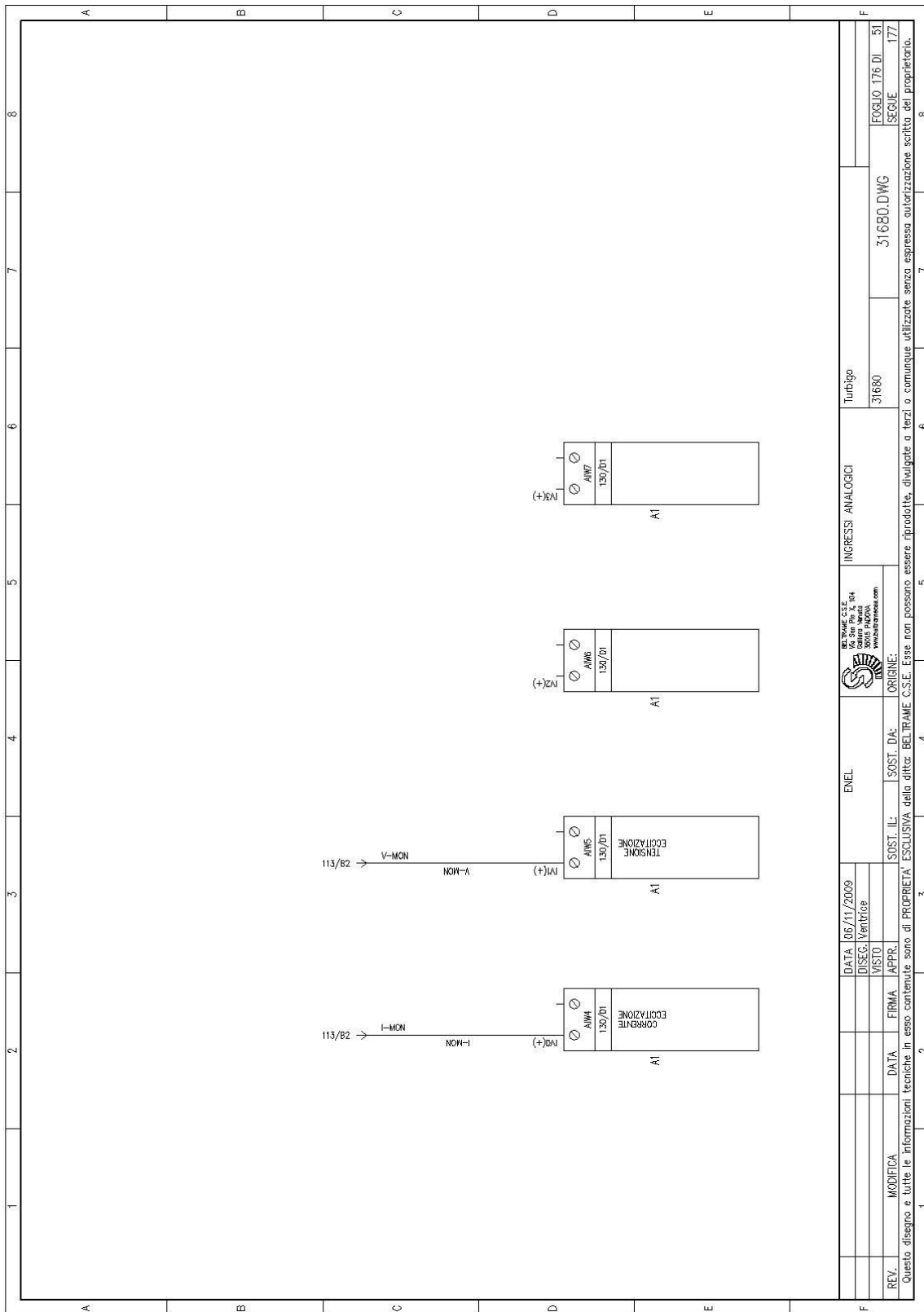
INGRESSI DIGITALI		Turbigo	
		31680	
DATA:	06/11/2009	ORIGINE:	
DISC.:	Ventrice	SOST. IL:	
VISTO:		SOST. DA:	
FIRMA:		APPR:	
MODIFICA:			
Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza autorizzazione scritta del proprietario.			
REV.		FOLIOLO	141 DI 51
		SEQUE	160

4.21 Uscite digitali

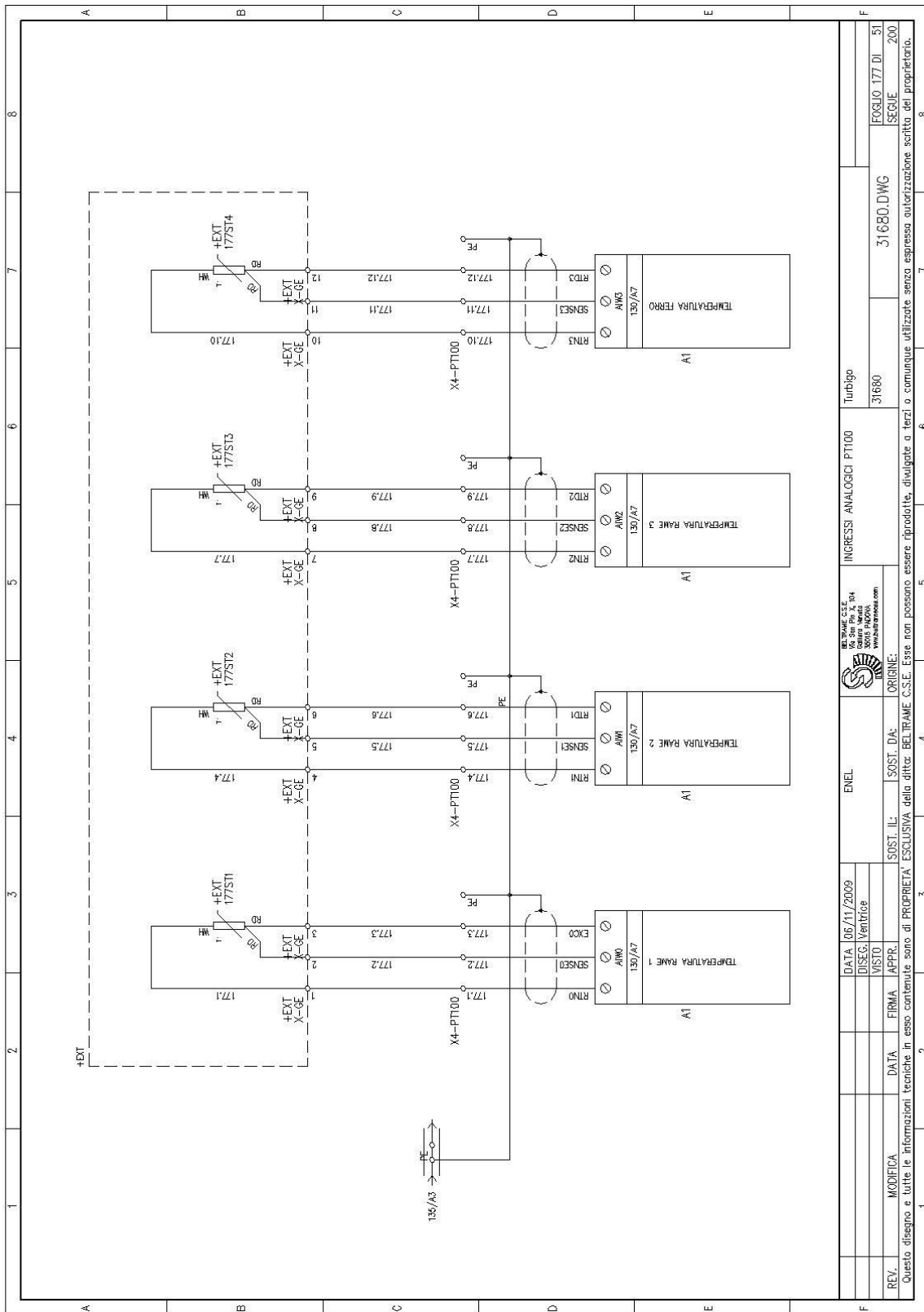




4.22 Ingressi analogici



4.23 Ingressi analogici PT100



 BELTRAME C.S.E. Ing. Roberto Belltrame Via S. Maria 3, 104 00187 Roma (RM) www.beltrame.com		INGRESSI ANALOGICI PT100 Turbigo 31680		FOGLIO 177 DI 51 SEGUE 200	
DATA: 06/11/2009 DISSEG: Ventrice VISTO: APPR: FIRMA: DATA:	SOST. IL: SOST. DA: ORIGINE: ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotti, divulgati o terzi o comunque utilizzate senza autorizzazione scritta del proprietario.		31680.DWG		8
REV. MODIFICA DATA:	ENEL		31680		8

4.24 Legenda simboli

LEGENDA SIMBOLI		LEGENDA SIMBOLI	
Simbolo	Descrizione	Simbolo	Descrizione
	Terminale a innesto (300022)		SHUNT DI MISURA
	Modulo uscita (cross-reference escluso)		Modulo di potenza 3150SLING
	Modulo I/O fino a 4 segnali		MODULO DOPIPIO S24
	Modulo ingresso (cross-reference escluso)		S2003
	Modulo ingresso (cross-reference escluso)		Lampada, lampada di segnalazione
	Modulo ingresso (cross-reference escluso)		Velocimetro
	DE 1000 X 2000 zoccolo H200		Selettore con fustelle incorporate
	DE 600 V 2000 zoccolo H250		Selettore con fustelle incorporate
	SCHEDA MULTI REGOLAZIONE ARCO2000 REV00 PARTE 3/3		Intermittente di motore con fustelle incorporate
	SCHEDA MULTI REGOLAZIONE ARCO2000 REV00 PARTE 2/3		Batteria di comando rail/ dualrail
	SCHEDA MULTI REGOLAZIONE ARCO2000 REV00 PARTE 1/3		Batteria di comando centralizzata
	TERMOSTATO MAXSIMA NC		Intermittente di polo applicabile, per commutazione.
	SELETORE NO 0-1 STABILI		Contattore (contatto di chiusura)
	SELETORE NO 1-0-2 RITARDI A 0		Contatto di chiusura
	SELETORE NO A CHIAVE 1-0-2 STABILI		Contatto di apertura
	TRASFORMATORE DI MISURA POWER MONITOR		Contatto di apertura
	OSCILLOSCOPIO CON MODULO INNESTO		Contatto di apertura
	TRASFORMATORE MISURA TV		Contatto di apertura
	TRASFORMATORE TRIFASE D41 SCHEMATO		Contatto di apertura
	RLINO P-C PER ESCITANZE		Contatto di apertura
	ALIMENTATORE SWITCHING CON ALLARMI		Contatto di apertura
	Ventilatore monofase		Contatto di apertura
	GENERATORE SINCRONO TRIPULSE A SET TERMINALI ACCESSIBILI		Contatto di apertura
	SWITCH ETHERNET 5 PORTE		Contatto di apertura
	PLC AB		Contatto di apertura
	FUSIBILE CON PERCUSSORE		Contatto di apertura
	SENSORE EFFETTO HALL		Contatto di apertura
	SONDA TEMPERATURA PT100		Contatto di apertura
	POTENZIOMETRO		Contatto di apertura
	PRESA SERVIZI AUSILIARI		Contatto di apertura
	Ampere metro		Contatto di apertura
	Resistore		Contatto di apertura

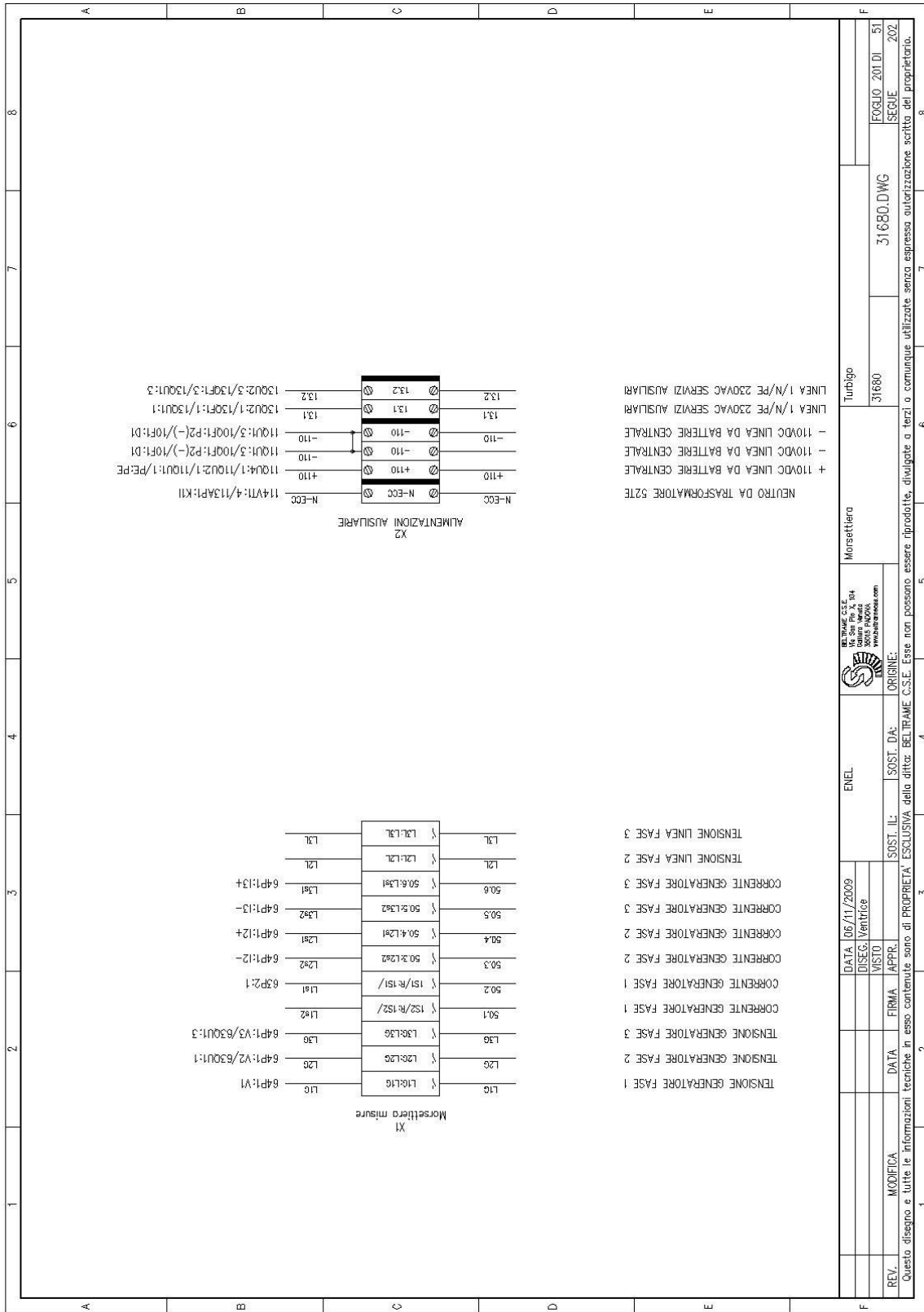


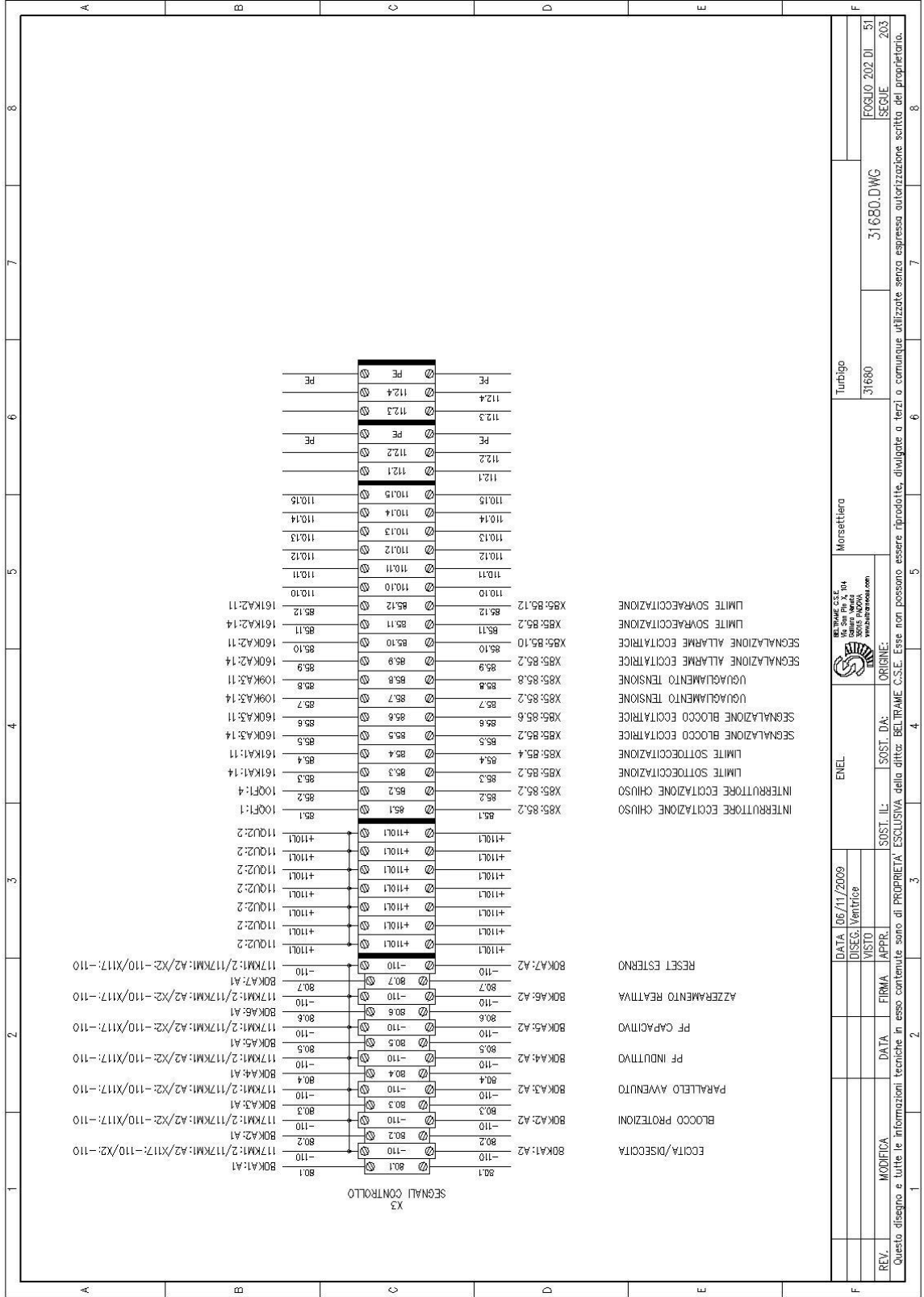
BELTRAME C.S.E.
Via San Pio 3, 104
Città del Vesuvio
www.beltrame.com

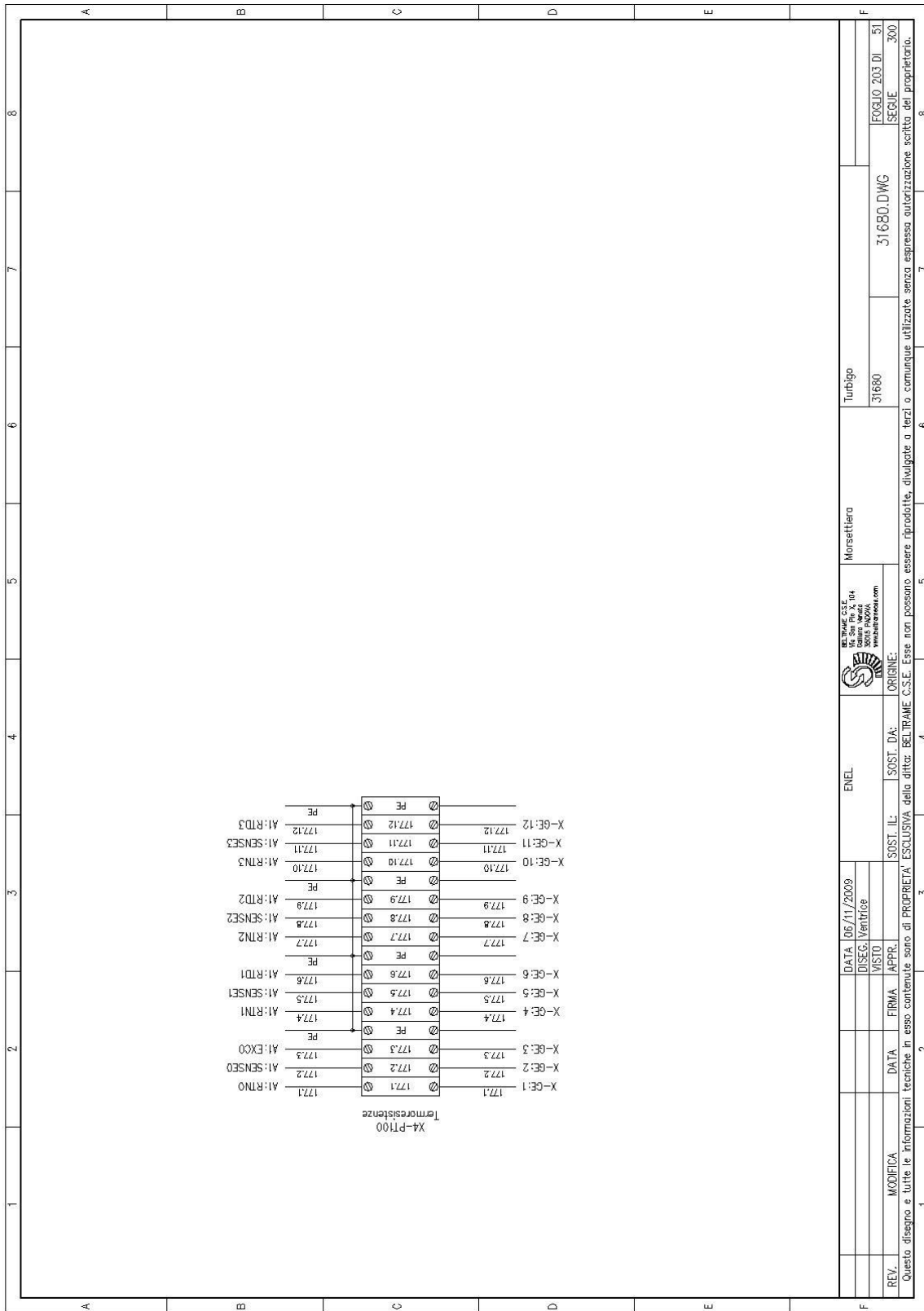
REV.	MODIFICA	DATA	FIRMA	APPR.	DATA	06/11/2009	ENEL
DISSEG.	Ventrice	VISTO					
SOST. IL:		SOST. DA:					
ORIGINE:							

Questo disegno e tutte le informazioni tecniche in esso contenute sono di PROPRIETA' ESCLUSIVA della ditta: BELTRAME C.S.E. Esse non possono essere riprodotte, divulgate o terzi o comunque utilizzate senza espressa autorizzazione scritta del proprietario.

4.25 Morsettiere







5 Interfaccia lato operatore

La specifica tecnica particolare prevede che il quadro di controllo dell'eccitatrice sia equipaggiato di un'interfaccia basata su display, abbiamo installato quindi un pannel PC da 12.1" con touch-screen sul quale abbiamo caricato il programma che permette di visualizzare tutte le grandezze richieste al paragrafo 2.2.3.

Ecco come si presenta la pagina principale del nostro software:

The screenshot shows the main interface of the 'ECCITATRICE STATICA CENTRALE TURBIGO' control system. It is divided into three main sections:

- Parte superiore:** A blue navigation banner containing the date 'martedì 22 dicembre 2009 16.30.15', login 'Login: DEFAULT', and the system name 'Beltrame C.S.E. Centro Servizi Energia'. Below this are buttons for 'Main', 'Allarmi', 'Regolatore', 'Misure', 'Temperature', 'Sequence', 'Set-point', and 'Info'.
- Parte centrale:** A large area displaying a grid of images related to the exciter and the 'Centro Servizi Energia BELTRAME' logo.
- Parte inferiore:** An alarm table with columns for 'Alarm', 'Tag', 'Description', 'Alarm', 'Alarm', 'Alarm', 'Ack', 'Ack', 'Operator', and 'Ack Current'. It lists three active alarms: 'SHDW_001 Blocca01 - Protezione elettrica', 'WARN005 Allarme 5 - Eccitatrice esclusa', and 'WARN007 Allarme 7 - Anomalia sensore temperatura'. Control buttons for 'Ack All' and 'Reset' are also present.

È divisa in tre parti, la parte superiore detta banner di navigazione con sfondo blu dove sono elencati tutti i menù a tendina, la parte centrale dove verranno visualizzate le varie informazioni, la parte inferiore o banner allarmi dove vengono visualizzati gli allarmi con tre tasti: riconoscere l'allarme corrente, riconoscere tutti gli allarmi e resettare la condizione di allarme.

Elenchiamo i vari menù a tendina:

- **Main:**

- Main, per tornare alla pagina principale

- Login, il programma permette la visione delle grandezze fondamentali, mentre per la modifica dei settaggi e la visione di determinate informazioni si deve effettuare il login protetto da password. Questo è reso obbligatorio dalla specifica tecnica in quanto si vuole evitare che personale non addestrato possa modificare i settaggi della macchina compromettendone il funzionamento.

The screenshot shows the 'Setpoint' configuration screen. It features a date/time display 'martedì 22 dicembre 2009 16.37.38' and login information. A list of setpoints is shown, including 'PT103 - Temperatura' and 'PT104 - Temperatura'. The 'Main' button is highlighted in yellow.

- Uscita, l'utente che aveva effettuato il login in precedenza, una volta finito il proprio lavoro, deve uscire in modo da non permettere un uso improprio del programma da altri operatori (il programma è impostato in modo da effettuare l'uscita automatica dopo un tempo t in cui non viene compiuta alcuna azione, questo tempo t è settabile dall'amministratore del sistema).

- **Allarmi**, in questo menù vengono raccolti gli allarmi, i blocchi e lo storico.



- **Storico**. Lo storico degli allarmi permette innanzitutto di ricercare tutti gli allarmi in un dato periodo di tempo di nostro interesse. Viene elencato in dettaglio data e ora in cui l'allarme è iniziato, finito ed è stato riconosciuto. Nelle colonne seguenti vengono elencati l'utente che ha preso visione, l'operazione, il nome, il livello (allarme o blocco) ed infine la gravità dell'allarme.

martedì 22 dicembre 2009 16 59 38 Login: DEFAULT Beltrame C.S.E. Centro Servizi Energia

Main Allarmi Regolatore Misure Temperature Sequence Set-point Info

Start date: 16/12/2009 Start time: 0 00:00 End date: 16/12/2009 End time: 23:00:00 Refresh

Description	User	Transaction	Tag Name	Threshold Label	Severity
16/12/2009 17:07:56 Ack	DEFAULT	Acked	Language\WARN009		0
16/12/2009 17:07:56 Ack	DEFAULT	Acked	Language\WARN007		0
16/12/2009 17:07:56 Ack	DEFAULT	Acked	Language\WARN005		0
16/12/2009 17:07:52 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\WARN010	WARN010	1
16/12/2009 17:07:52 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\WARN009	WARN009	1
16/12/2009 17:07:52 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\WARN008	WARN008	1
16/12/2009 17:07:52 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\WARN007	WARN007	1
16/12/2009 17:07:52 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\WARN005	WARN005	1
16/12/2009 16:55:37 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:54:48 Ack	DEFAULT	Acked	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:54:34 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\SHDW001	SHDW_001	1
16/12/2009 16:52:32 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:51:29 Ack	DEFAULT	Acked	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:51:27 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\SHDW001	SHDW_001	1
16/12/2009 16:51:25 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:51:17 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\SHDW001	SHDW_001	1
16/12/2009 16:50:39 Ack	DEFAULT	Acked	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:50:38 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:50:35 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\SHDW001	SHDW_001	1
16/12/2009 16:50:33 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0
16/12/2009 16:50:28 InAl	DEFAULT	InAlm	Language\SHDW001	SHDW_001	1
16/12/2009 16:50:24 DuAl	DEFAULT	DuAl	Language\SHDW001		0

Alarm	Tag	Description	Alarm	Alarm	Alarm	Ack	Ack	Operator	Ack Current
SHDW_001	Blocco01	- Protezioni elettriche	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			Ack All
WARN005	Allarme 5	- Eccitatrice esclusa	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			Reset
WARN007	Allarme 7	- Anomalia sensore temperat	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			

- **Blocchi**. I blocchi sono delle segnalazioni che provengono da dei meccanismi necessari al funzionamento della macchina. Per questo la macchina viene subito fermata.

martedì 22 dicembre 2009 16 32 29 Login: DEFAULT Beltrame C.S.E. Centro Servizi Energia

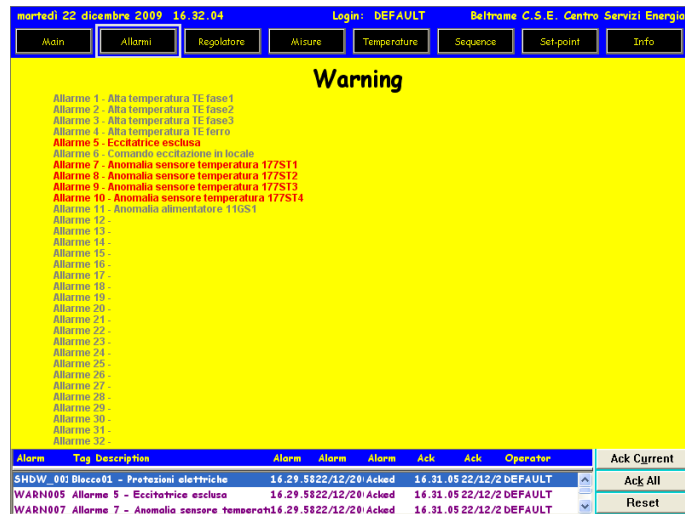
Main Allarmi Regolatore Misure Temperature Sequence Set-point Info

Shutdown

Blocco01 - Protezioni elettriche
 Blocco02 - S2003 Alta temperatura ponte
 Blocco03 - S2003 Over-voltage
 Blocco04 - S2003 Anomalia alm.
 Blocco05 - Anomalia regolatore ARC
 Blocco06 - Intervento fusibili ponte
 Blocco07 - Anomalia ventilatore 114E1
 Blocco08 - Anomalia ventilatore 114E2
 Blocco09 - Anomalia Crowbar
 Blocco10 - Anomalia Field-flashing
 Blocco11 - Anomalia interruttore S2E
 Blocco12 - TE alta temperatura fase U
 Blocco13 - TE alta temperatura fase V
 Blocco14 - TE alta temperatura fase W
 Blocco15 - TE alta temperatura ferro
 Blocco16 - Alta temperatura resistenza Field-flash
 Blocco17
 Blocco18
 Blocco19
 Blocco20
 Blocco21
 Blocco22
 Blocco23
 Blocco24

Alarm	Tag	Description	Alarm	Alarm	Alarm	Ack	Ack	Operator	Ack Current
SHDW_001	Blocco01	- Protezioni elettriche	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			Ack All
WARN005	Allarme 5	- Eccitatrice esclusa	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			Reset
WARN007	Allarme 7	- Anomalia sensore temperat	16 29 5822/12/20	Acked	16 31 05 22/12/2	DEFAULT			

- Allarmi. A differenza dei blocchi, gli allarmi sono delle segnalazioni che non comportano lo stop della macchina, ma se non risolti potrebbero portare a tale conseguenza.



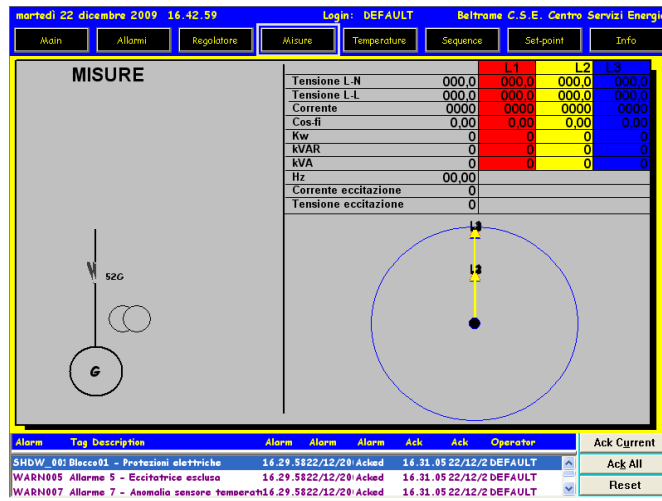
- Regolatore. Con il tasto contrassegnato con “ARC2000” si avvia il programma di gestione della scheda di controllo, dove si possono settare tutti i vari parametri (vedi paragrafo 5.1)



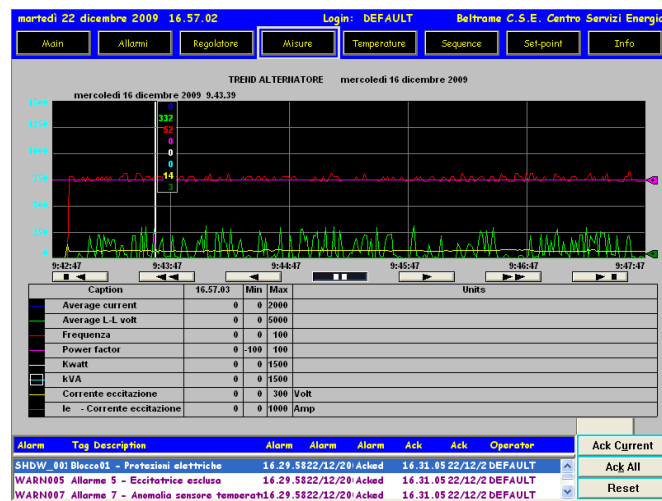
- Misure



- Misure. Nella tabella vengono indicate le misure per ogni fase e nella colonna di sinistra la media dei tre valori. Nel grafico in basso a destra vengono rappresentati i vettori della tensione e della corrente delle tre fasi.



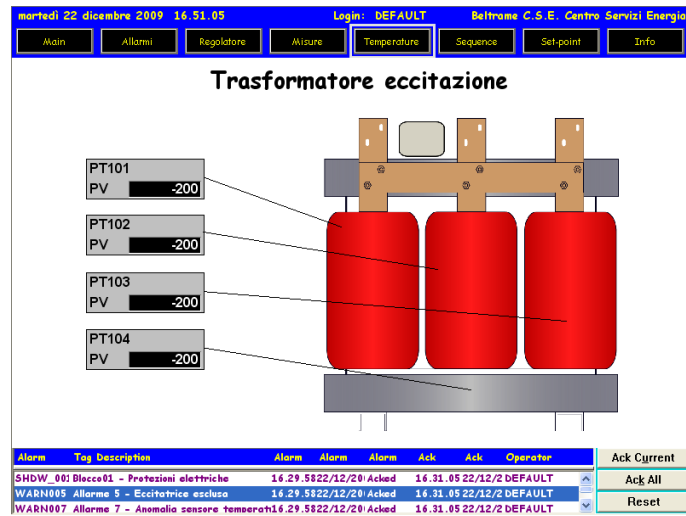
- Trend. Disegna sul grafico l'andamento dei valori da tenere sotto controllo: tensione, corrente, frequenza, fattore di potenza, potenza attiva e reattiva, ed infine tensione e corrente di eccitazione.



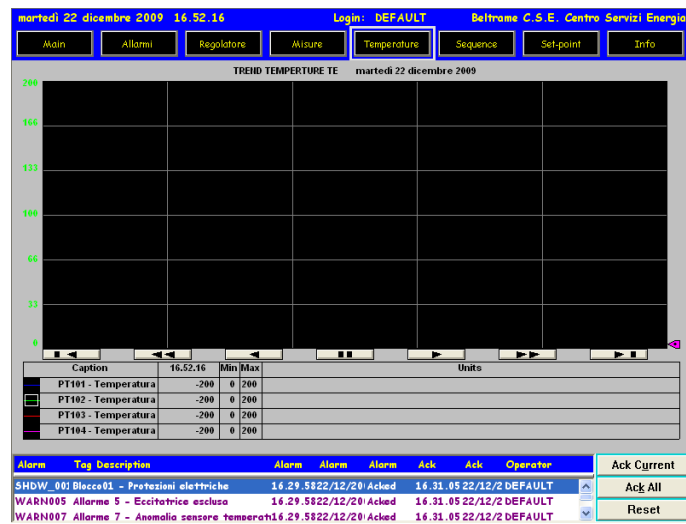
- Temperature



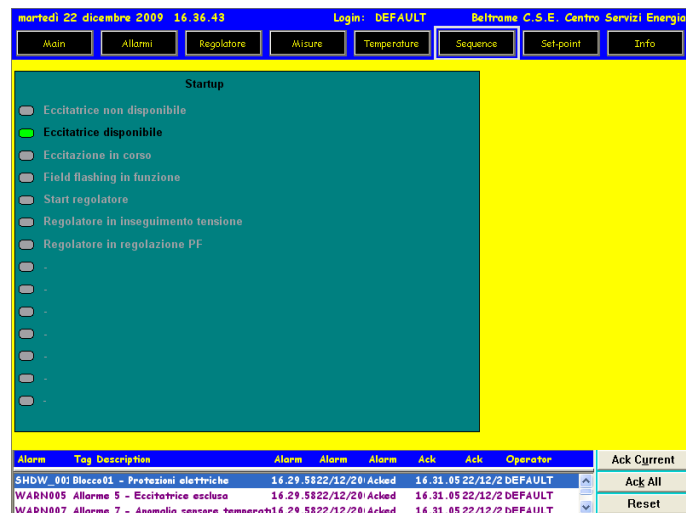
- Trasformatore di eccitazione. È di fondamentale importanza tenere sotto controllo le varie temperature del trasformatore, per questo si utilizzano quattro sonde PT100, una per ogni avvolgimento e una per il ferro.



- Trend. Riporta sul grafico l'andamento delle temperature da tenere sotto controllo.



- Sequence. Sono elencati i vari passi della sequenza di start-up.



- **Set-point.** In questa pagina si può settare la temperatura massima di warning e di shut down delle varie sonde.

martedì 22 dicembre 2009 16.37.08 Login: DEFAULT Beltrame C.S.E. Centro Servizi Energia

Main Allarmi Regolatore Misure Temperature Sequence **Set-point** Info

Setpoint			
	PV	SP-WARNING	SP-SHUTDOWN
PT101 - Temperatura	-0200	95	120
PT102 - Temperatura	-0200	92	120
PT103 - Temperatura	-0200	91	120
PT104 - Temperatura	-0200	0	120

Alarm	Tag	Description	Alarm	Alarm	Alarm	Ack	Ack	Operator	Ack Current
SHDW	001	Blocco01 - Protezioni elettriche	16.29.5822/12/20	Acked	16.31.05 22/12/2	DEFAULT			Ack All
WARN005	Allarme 5 -	Eccitatrice esclusa	16.29.5822/12/20	Acked	16.31.05 22/12/2	DEFAULT			Reset
WARN007	Allarme 7 -	Anomalia sensore temperatura	16.29.5822/12/20	Acked	16.31.05 22/12/2	DEFAULT			

5.1 Configurazione ARC2000



L'ARC2000 è la mente della nostra eccitatrice.

Per comunicare con la scheda si utilizza un software chiamato “Arc2000 Configuration” che mi permette di settare tutti i parametri e di tenere sotto controllo tutti i vari valori.

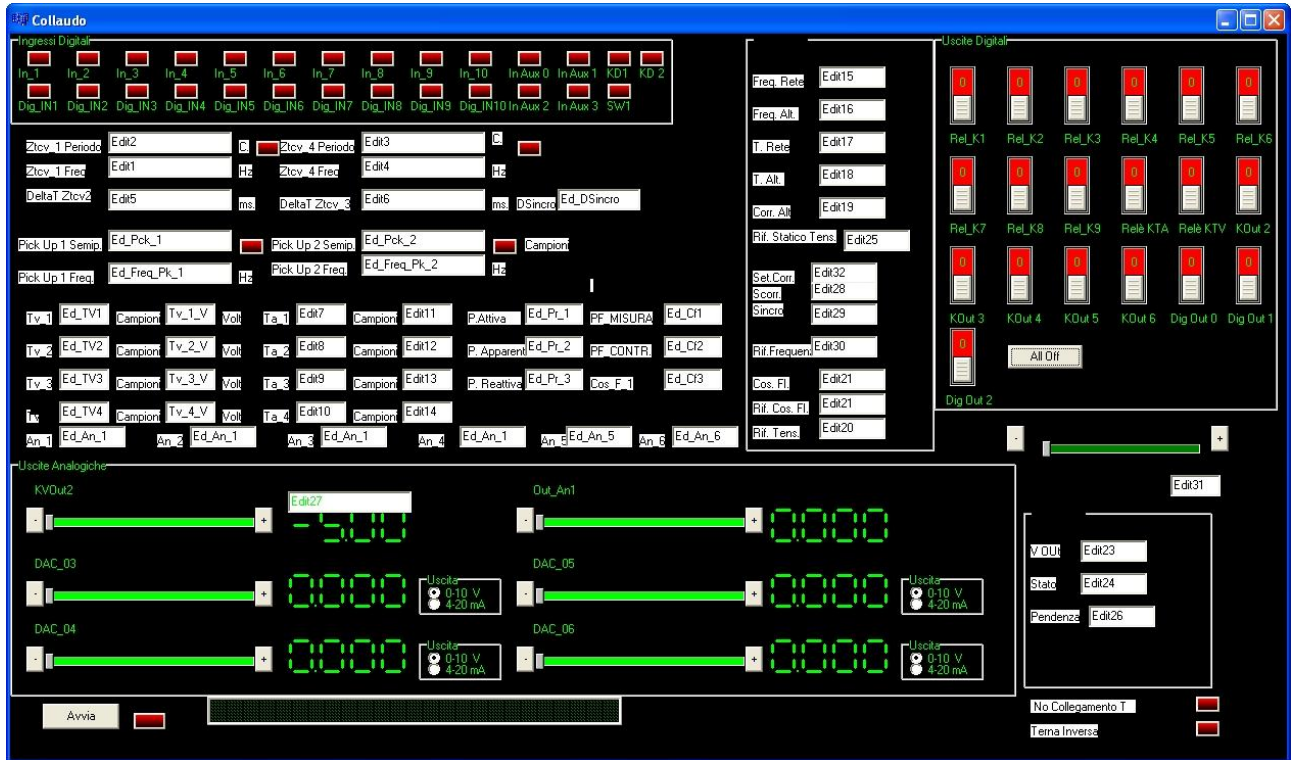
Vediamo in figura come si presenta la prima pagina del nostro programma.

Sotto al logo è indicata la porta seriale con cui il nostro PC comunica con la scheda.

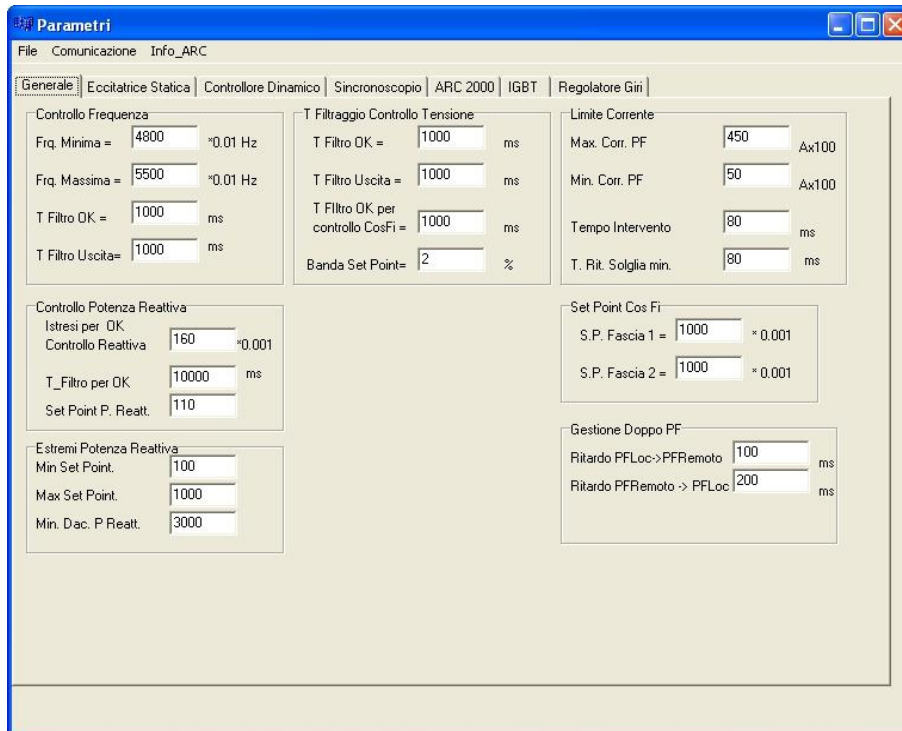
Più in basso ci sono cinque tasti ciascuno dei quali ci collega ad altre pagine che ora andremo ad analizzare:

- Collaudo, per visualizzare i parametri principali in fase di collaudo
- Parametri, per settare i parametri di funzionamento
- Eccitatrice, per visualizzare i trend delle grandezze, gli ingressi e le uscite relative all'eccitatrice
- Regolatore di Giri, per visualizzare i trend delle grandezze, gli ingressi e le uscite relative al regolatore di giri
- Visualizzazione, pagina di visualizzazione delle principali grandezze elettriche

- Collaudo



- Parametri



Parametri

File Comunicazione Info_ARC

Generale | **Eccitatrice Statica** | Controllatore Dinamico | Sincronoscopio | ARC 2000 | IGBT | Regolatore Giri

Eccitatrice Statica (Sw 5 OFF)

PID Tensione (scala 100V) Coefficiente Kp = 1200 *0.001 Coefficiente Kd = 10 *0.0001 Coefficiente Ki = 50 *0.0001 T_Intervento = 150 ms	PID Tensione (scala 400V) Coefficiente Kp = 1000 *0.001 Coefficiente Kd = 10 *0.0001 Coefficiente Ki = 50 *0.0001 T_Intervento = 150 ms	PID Cos_Fi Coefficiente Kp = 310 *0.001 Coefficiente Kd = 0 *0.0001 Coefficiente Ki = 8 *0.0001 T_Intervento = 100 ms
PID Potenza Reattiva (scala 100V) Coefficiente Kp = 1200 *0.001 Coefficiente Kd = 0 *0.0001 Coefficiente Ki = 8 *0.0001 T_Intervento = 150 ms	PID Potenza Reattiva (scala 400V) Coefficiente Kp = 1000 *0.001 Coefficiente Kd = 0 *0.0001 Coefficiente Ki = 8 *0.0001 T_Intervento = 150 ms	PID Tensione Ritorno in Isola Coefficiente Kp = 400 *0.001 Coefficiente Kd = 0 *0.0001 Coefficiente Ki = 20 *0.0001 T_Intervento = 100 ms

Rampa Inizio Controllo

Pendenza: 10 ms
 +DV per rilascio: 25 V
 Autoacquisizione finerampa
 Valore Start: 4095
 Perc. Incr.: 0

Rampa

Pendenza Veloce: 110 ms % Fuori Bande Veloce: 30 %
 Pendenza Normale: 150 ms % Fuori Banda Lenta: 5 %

Rampa CosFi

Pendenza Veloce: 110 ms Fuori Bande Veloce: 400
 Pendenza Normale: 150 ms Fuori Banda Lenta: 200

Memorizza_DAC per ritorno Isola

Parametri

File Comunicazione Info_ARC

Generale | Eccitatrice Statica | Controllatore Dinamico | Sincronoscopio | **ARC 2000** | IGBT | Regolatore Giri

ARC 2000 Configurazione

Configurazioni Generali

Regolatore Rigi Attivo
 Sincronoscopio Attivo
 PFC Attivo
 Ingresso Monofase
 Sincronismo Interno
 Doppio PF

Ingressi Tensione: 100V 400V

Ingressi Corrente: 2,5A 5A

Uscita Controllo PFC: Eccitatrice Statica AVR IGBT

Conversione Tensione (TV): 400 / 400 Volt

Conversione Corrente (TA): 5 / 5 Amper

Flag PFC: No Rilevazione Freq. Set Isola Analogico/Digitale Controllo P. Reattiva

Set Isola: 0

Ethernet

Ethernet Attiva

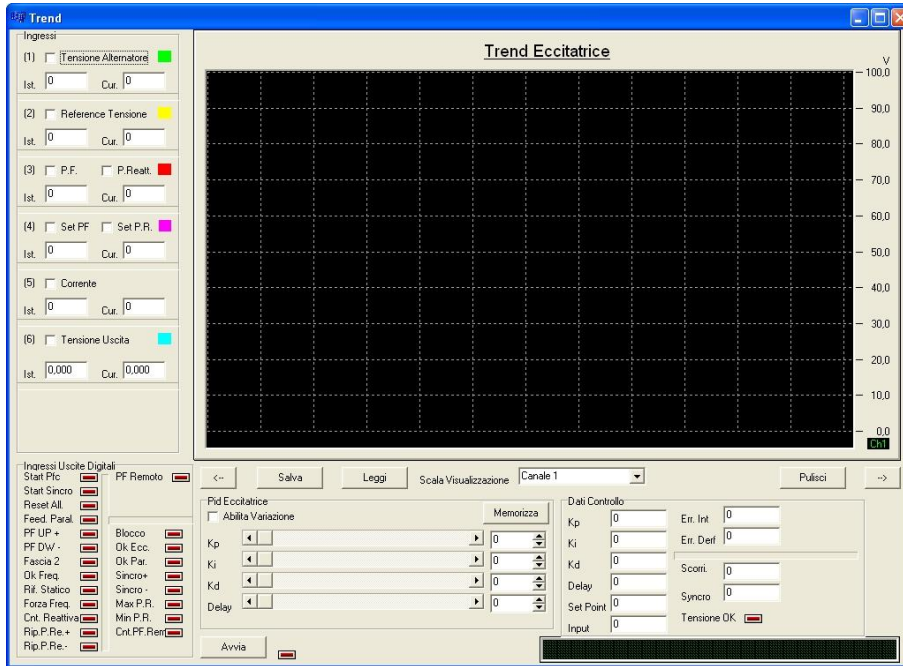
Ip Arch2000: 192 . 168 . 168 . 51
 Subnet Mask: 255 . 255 . 0 . 0
 Gateway: 192 . 168 . 168 . 230

Identificativo

Numero Maticola: ARC2000 BNA 000
 Mese: Gennaio Anno: 2010

Descrizione Impianto: _____ max.57 car.

- Eccitatrice



- Visualizzazione



6 Collaudo

Completata l'eccitatrice, prima di inviarla alla centrale di destinazione, viene fatto un accurato controllo in modo da poter testare che non si verifichino problemi una volta installata nell'impianto.

Per essere sicuri di non dimenticare niente si segue una check list standard segnando tutte le prove fatte e il loro risultato. Accanto, chi ha svolto la prova e ne ha segnato il risultato appone la firma, garantendo che l'operazione è stata svolta correttamente.

6.1 Controllo generale quadro

N.	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE:	ESECUZIONE ¹		ESITO		Firma Esecutore
		N.V.	N.A.	SI	NO	
1	Verifica della corretta sistemazione dei cavi e conduttori	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Verifica della corrispondenza fra materiale prescritto e installato	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Controllo siglature fili e componenti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Verifica cablaggio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Controllare equipotenzialità su tutte le porte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Targhette pulsanti (lingua adeguata)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Folgori plessiglass	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Viti barra equipotenzialità	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Pulsantiere (porte interno quadro)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Verifica del contatto collegamenti (serraggio viti e bulloni)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Taratura interruttori	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Verifica servizi ausiliari quadro(illuminazione e presa)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Verifica alimentazioni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Verifica funzionamento spie segnalazioni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Prova dei comandi meccanici, pneumatici, blocchi e catenacci.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Pulizia interno quadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Chiusura porte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Chiavi porte quadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Completare lista materiali (nota quadro)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Schema elettrico interno quadro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Verifica targa CE + matricola	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

¹ Legenda: **N.V.** = Non verificato; **N.A.** = Non applicabile;

22	Verifica presenza targa di sicurezza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	Verifica estrazione chiavi su selettori	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Verifica direzione comando dicitura selettori	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6.2 Controllo PLC

N.	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE:	ESECUZIONE ²		ESITO		Firma Esecutore
		N.V.	N.A.	SI	NO	
1	Verifica ingressi digitali al PLC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Verifica uscite digitali al PLC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Verifica ingressi analogici al PLC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Verifica uscite analogiche al PLC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Verifica esatta conversione dei valori di misura analogici	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Verifica WARN_001 – TE alta temperatura fase U	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Verifica WARN_002 – TE alta temperatura fase V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Verifica WARN_003 – TE alta temperatura fase W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Verifica WARN_004 – TE alta temperatura ferro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Verifica WARN_005 – Eccitatrice esclusa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Verifica WARN_006 – Comando eccitazione locale	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Verifica WARN_007 – Anomalia sensore temperatura 177ST1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Verifica WARN_008 – Anomalia sensore temperatura 177ST2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Verifica WARN_009 – Anomalia sensore temperatura 177ST3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Verifica WARN_010 – Anomalia sensore temperatura 177ST4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Verifica WARN_011 – Anomalia alimentazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Verifica SHDW_001 - Blocco protezioni elettriche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Verifica SHDW_002 – S2003 sovratemperatura ponte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Verifica SHDW_003 – S2003 over voltage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Verifica SHDW_004 – S2003 anomalia alimentazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Verifica SHDW_005 – ARC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	Verifica SHDW_006 – Fusibili eccitatrice	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

² Legenda: **N.V.** = Non verificato; **N.A.** = Non applicabile;

23	Verifica SHDW_007 – Anomalia ventilatore 114E1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Verifica SHDW_008 – Anomalia ventilatore 114E2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	Verifica SHDW_009 – Anomalia crowbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26	Verifica SHDW_010 – Time-out field-flashing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27	Verifica SHDW_011 – Anomalia field-flashing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	Verifica SHDW_012 – Anomalia 52E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
29	Verifica SHDW_013 – TE alta temperatura fase U	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
30	Verifica SHDW_014 – TE alta temperatura fase V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
31	Verifica SHDW_015 – TE alta temperatura fase W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
32	Verifica SHDW_016 – TE alta temperatura ferro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6.3 Controllo strumentazione

N.	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE:	ESECUZIONE ³		ESITO		Firma Esecutore
		N.V.	N.A	SI	NO	
1	Verifica funzionamento Voltmetri generatore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Verifica funzionamento Amperometri generatore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Verifica funzionamento Frequenzimetro generatore	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Verifica funzionamento Voltmetro di Linea	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Verifica funzionamento Cosfmetro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Verifica funzionamento Wattmetro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Verifica funzionamento doppio-voltmetro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Verifica funzionamento doppio-frequenzimetro	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Verifica funzionamento contaore	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Programmazione e verifica funzionamento sincronoscopio	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Programmazione e verifica funzionamento multimetro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Programmazione e verifica funzionamento centralina controllo termico trasformatore	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Verifica funzionamento contatori energia	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Verifica funzionamento Voltmetro eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Verifica funzionamento Amperometro eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

³ Legenda: **N.V.** = Non verificato; **N.A.** = Non applicabile;

6.4 Controllo ARC2000

N.	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE:	ESECUZIONE ⁴		ESITO		Firma Esecutore
		N.V.	N.A.	SI	NO	
1	Verifica segnali voltmetrici generatore (CN11-4/5/6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Verifica segnali voltmetrici rete (CN11-1/2/3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Verifica segnali amperometrici (CN5-5/6) - Generatore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Verifica segnali amperometrici (CN5-7/8)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Verifica segnali amperometrici (CN5-9/10)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Verifica segnali pick-up 1 (CN5-PU1+/PU1-) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Verifica segnali pick-up 2 (CN5-PU2+/PU2-) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Verifica DI 1 (CN14-1) - Start	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Verifica DI 2 (CN14-2) – Azzeramento reattiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Verifica DI 3 (CN14-3)- Reset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Verifica DI 4 (CN14-4) - P.F. up	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Verifica DI 5 (CN14-5) - P.F. down	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Verifica DI 6 (CN15-1/2) – Fedd-back 52G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Verifica DI 7 (CN15-3/4) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Verifica DI 8 (CN15-5/6) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Verifica DI 9 (CN15-7/8) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Verifica DI 10 (CN15-9/10) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Verifica AI 1 (CN1-AN1U/AN12GND/AN1I) – Corrente eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Verifica AI 2 (CN1-AN2U/AN12GND/AN2I) – Tensione eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Verifica AI 3 (CN1-AN3U/AN34GND/AN3I) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Verifica AI 4 (CN1-AN4U/AN34GND/AN4I) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	Verifica DO 1 (CN16-1/2) – Calibratore al minimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	Verifica DO 2 (CN16-3/4) – Calibratore al massimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	Verifica DO 3 (CN16-5/6) – Reattiva azzerata	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	Verifica DO 4 (CN16-7/8) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

⁴ Legenda: **N.V.** = Non verificato; **N.A.** = Non applicabile;

26	Verifica DO 5 (CN16-9/10) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27	Verifica DO 6 (CN16-11/12) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28	Verifica DO 7 (CN16-13/14) – Abilita eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
29	Verifica DO 8 (CN16-15/16) – Tensione uguagliata	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
30	Verifica DO 9 (CN16-17/18) – Blocco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
31	Verifica DO 10 (CN16-19/20) – Watch-dog	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Verifica AO 2 (CN3—AVR/+AVR) – AVR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Verifica AO 3 (CN3—IOUT3/GND3/VOUT3) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Verifica AO 4 (CN3—IOUT4/GND4/VOUT4) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Verifica AO 5 (CN2—IOUT5/GND5/VOUT5) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	Verifica AO 6 (CN2—IOUT6/GND6/VOUT6) – N.U.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6.5 Controllo eccitatrice statica

N.	CARATTERISTICHE DA CONTROLLARE:	ESECUZIONE ⁵		ESITO		Firma Esecutore
		N.V.	N.A	SI	NO	
1	Verifica cablaggio tra S2003 e ponte SCR(gate)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Verifica cablaggio ingressi e alimentazione S2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Verifica cablaggio uscite S2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Verifica cablaggio scheda filtri dell'S2003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Verifica cablaggio trasformatore (corrispondenza fasi ingresso- uscita – ingresso S2003)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Verifica collegamento tra S2003 e ARC2000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Verifica presenza scaricatore tra “+” e “-“ eccitazione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Verifica cablaggio selettore MAN-AUT e relativo potenziometro (posizionare potenziometro a “o”) per messa in servizio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Alimentazione eccitatrice a vuoto (senza resistenze di carico) e verifica intervento crow-bar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Posizionare selettore in MAN e verificare forma d’onda con oscilloscopio tra +Vecc e -Vecc	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	In MAN collego un carico resistivo di valore elevato (tutte le resistenze in serie) tra +Vecc e –Vecc, giro il potenziometro in senso orario fino a quando inizieranno ad accendersi i 6 SCR (controllo tramite oscilloscopio)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	In MAN diminuisco il valore del carico per far così circolare più corrente sempre controllando Vecc con oscilloscopio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

⁵ Legenda: **N.V.** = Non verificato; **N.A.** = Non applicabile;

13	In MAN arrivo alla corrente massima erogabile dall'eccitatrice	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	In MAN verifica effettiva accensione di tutti e 6 gli SCR con pinza amperometrica (così le 3 correnti d'uscita del trasformatore di eccitazione sono circa uguali)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	Verifico accensione corretta di tutti gli indicatori sul programma del PFC2001 tramite simulazione con PLC, ecc...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	In AUT verifico funzionamento PFC2001 che comanda la scheda S2003 simulando le fasi di inseguimento: frequenza – tensione di rete	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	Verifica consenso al parallelo dopo inseguimento rete dal PFC2001	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Verifica con calibratore del cosφ, sia sullo strumento fronte quadro che sul PFC2001 tramite collegamento con portatile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Verifica funzionamento crowbar con carico resistivo 22 Ω – 150W e alimentazione batterie 24 Vdc	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	Prova termica alla massima corrente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	Verifica assenza punti di calore con termocamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6.6 Strumenti utilizzati

Per effettuare tutte le prove viste in precedenza ci siamo serviti di un gruppo elettrogeno da 200kVA che non siamo riusciti a sfruttare a pieno. A causa della forma d'onda della corrente che il nostro ponte assorbiva il regolatore di tensione del generatore non riusciva a mantenere un valore stabile della tensione in uscita. Abbiamo dovuto quindi ridurre la potenza.

Come trasformatore abbiamo impiegato un 150kVA con primario a 400V e secondario a 300V. La potenza del nostro trasformatore non era sufficiente ma tenevamo sotto controllo la temperatura con la termocamera.



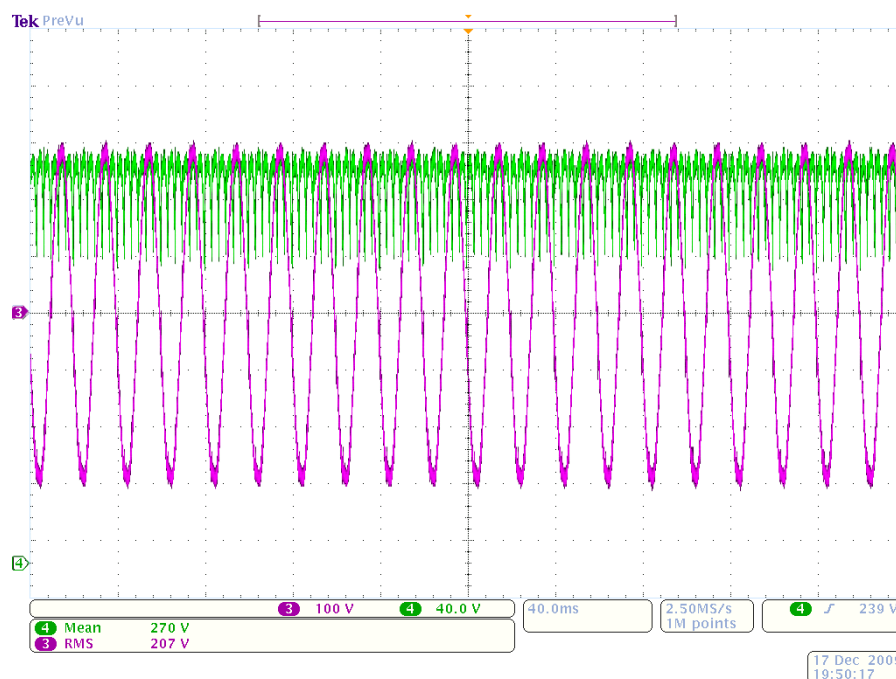
Per verificare l'assenza di punti di calore, dovuti ad esempio al mancato fissaggio di qualche componente, si è fatta passare nel ponte la massima corrente che il nostro generatore ci permetteva di ottenere. Per ottenere tale corrente si è utilizzato come carico un banco di resistenze collegate in parallelo, in modo da ottenere un valore di circa 0,25 ohm.



6.7 Forme d'onda in uscita dal ponte

Nel grafico sotto sono riportate la forma d'onda della tensione in ingresso (linea viola) e la tensione in uscita (linea verde) dal ponte con applicato un carico resistivo.

Il nostro oscilloscopio ci fornisce anche i valori efficaci della tensione.



Conclusioni

Con questo elaborato abbiamo potuto farci un'idea delle fasi che comprendono la produzione di un sistema di eccitazione statico.

E' stato tralasciato tutto l'aspetto economico, compresa la fase di ordine e consegna del materiale che comunque ha occupato parte del tempo del tirocinio.

Sono stati trascurati dei punti della specifica tecnica in quanto la loro trattazione sarebbe risultata pesante e non di necessaria importanza ai fini dell'elaborato presentato.

Per quanto riguarda il comportamento del ponte, si sono trascurate tutte le perdite che si hanno nelle varie condizioni di carico.

Bibliografia

- Specifica tecnica generale, Sistema di eccitazione statica, ENEL
- Specifica tecnica particolare, Sistema di eccitazione statica, ENEL
- Macchine elettriche rotanti, M.Andriolo – G. Martinelli – A. Morini, Edizioni Libreria Cortina
- Elettronica di potenza, Ned Mohan – Tore M. Undeland – William P. Robbins, Hoepli
- Datasheet AZT740, Poseico SPA
- Schemi elettrici, Beltrame CSE

Software

- IDEA, Electro Graphics
- RSLOGIC 300, Rockwell
- RSVIEW32, Rockwell
- Psim, Powersim Inc

Ringraziamenti

Alla fine di questa elaborato vorrei ringraziare la mia famiglia, che mi ha permesso di frequentare l'università e mi ha sopportato in questo lungo cammino, il professor Gobbo e il correlatore Ventrice per la disponibilità dimostratami, la ditta Beltrame, che mi ha offerto la possibilità di effettuare il periodo di tirocinio, i miei amici e tutti coloro che mi sono stati vicino in questo periodo.

Grazie a tutti!