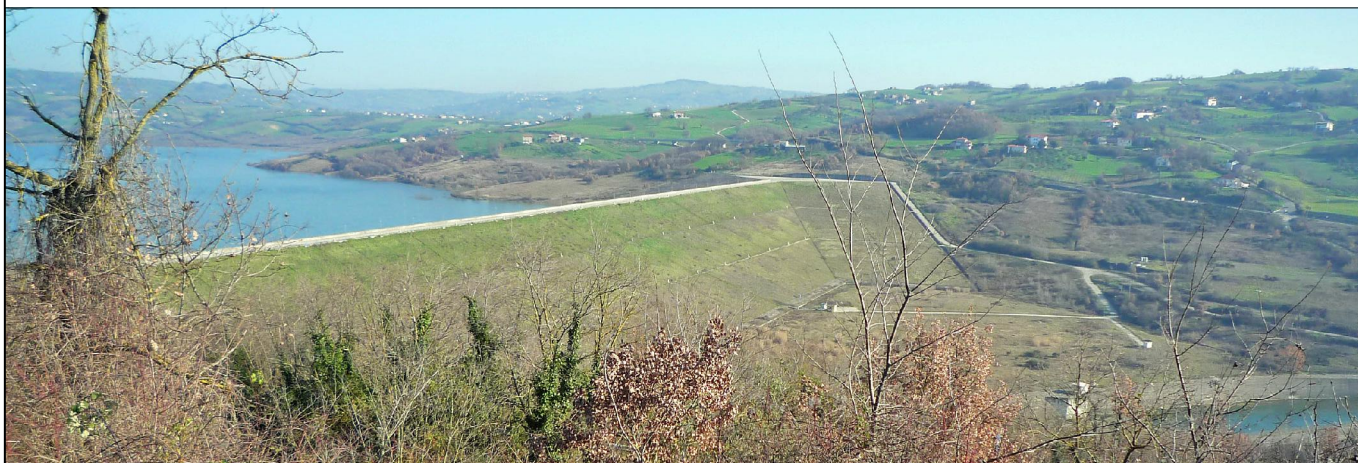


# PROGETTO DI IMPIANTO IDROELETTRICO DI REGOLAZIONE SUL BACINO DI CAMPOLATTARO (BN)

MARZO 2011



COMMITTENTE



**R.E.C. S.r.l.**  
Via Uberti 37-20129 Milano

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE

Mandataria :



**ETATEC** S.R.L.  
SOCIETA' DI INGEGNERIA

20133 MILANO - via Bassini, 23 - tel.(02) 26681264

fax (02) 26681553 - E-Mail: ETATEC@ETATEC.IT

AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO UNI EN ISO 9001:2008

**SINCERT**

SICIV - SC 06-647/EA 34

Mandante :

**CeAS**

CENTRO DI ANALISI STRUTTURALE S.R.L.  
AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'

SERVIZI DI INGEGNERIA CIVILE  
CIVIL ENGINEERING SERVICES

SISTEMA QUALITA'  
UNI EN ISO 9001 : 2008

CERTIFICATO K031 RILASCIATO  
DA



PROGETTISTA: Prof. Ing. Alessandro Paoletti

PROGETTISTA: Dott. Ing. Giovanni Canetta

ASPETTI ELETTRICI:



The Milan Company S.r.l.  
Sede legale: Via V. Pisani 12/A - 20124 Milano  
Sede operativa: Via Bassini 53 - 20133 Milano  
Tel: 0270608880 Fax: 0270639167  
E-mail : [info@mce-milano.com](mailto:info@mce-milano.com)  
web: <http://www.mce-milano.com>

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA  
IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

Revisione	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione		
A	31/03/2011	EMISSIONE PER VALUTAZIONE D'IMPATTO AMBIENTALE	MCE	FR	FR		
B	.	.	.	.	.		
C	.	.	.	.	.		
CODICE COMMESSA		TIPOLOGIA COMMESSA	TIPOLOGIA ELABORATO	FASE PROGETTAZIONE	PARTE DI IMPIANTO	PROGRESSIVO ELABORATO	SCALA:
475-E		MCE	R	D	EL	851	.

## Indice

Introduzione .....	3
Criteri di progettazione nel rispetto ambientale.....	4
Normativa di riferimento .....	6
Modalità di funzionamento .....	7
Descrizione generale impianti elettrici .....	9
Sistema Generazione e Pompaggio .....	9
Sistema Altissima Tensione a 380 kV (AAT).....	10
Sistemi ausiliari di centrale .....	11
Cabina elettrica posta all'interno della centrale, adiacente alla sala macchine .....	11
(rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-832) .....	11
Cabina elettrica esterna posta nella galleria parallela a quella di accesso .....	12
(rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833) .....	12
N° 5 cabine di tipo prefabbricato, distribuite lungo la galleria di accesso .....	13
(rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833) .....	13
Alimentazione carichi decentrati.....	15
Impianto Luce .....	16
Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche.....	16
Impianto di rivelazione incendi e gas tossici ed esplosivi .....	17
Impianti elettrici ausiliari.....	17
Misure di protezione ambientale e di sicurezza dei lavoratori .....	19
Classificazione dei luoghi pericolosi .....	19
Campi elettrici e magnetici .....	19
Prescrizioni per la sicurezza.....	19

## **Introduzione**

La presente relazione riguarda la realizzazione dell'impianto idroelettrico di generazione e pompaggio di Campolattaro, della potenza complessiva di circa 640 MWe (dati nominali dei generatori).

La centrale sarà costituita da:

- un serbatoio superiore, nel quale vengono accumulati i deflussi pompati durante le ore notturne dal serbatoio inferiore
- una galleria in pressione per alimentare la turbina
- un pozzo piezometrico
- una galleria in pressione di deflusso delle acque
- una centrale in caverna
- una sottostazione elettrica Alta Tensione posta in caverna
- galleria di accesso alla centrale e gallerie varie di servizio.

La generazione e/o pompaggio verrà realizzato attraverso N° 2 gruppi di turbine Francis da circa 320 MW/cad, coassiali con generatori sincroni per la produzione di energia elettrica.

Le stesse macchine elettriche, opportunamente avviate, diverranno motori sincroni, in fase di pompaggio.

L'impianto risulta progettato in modo da rendere possibile l'eventuale frazionamento della produzione di energia elettrica, ed il pompaggio su n.3 gruppi al posto di n.2, mantenendo in ogni caso una potenza complessiva in pompaggio minore di 640 MW.

Sulla base di valutazioni legate alle caratteristiche della rete elettrica cui l'impianto risulterà connesso, ed ai servizi di rete che lo stesso impianto sarà chiamato a svolgere, è prevista la possibilità di utilizzare generatori/motori asincroni al posto del tradizionale generatore/motore sincrono.

La presente relazione rimane comunque valida nei suoi aspetti architettonici e di struttura dell'impianto elettrico anche nel caso si dovesse perseguire la soluzione che prevede le macchine asincrone.

Gli impianti elettrici, per facilità di analisi, possono essere idealmente suddivisi nelle seguenti sezioni:

- Sistema di Generazione & Pompaggio
- Sistema Altissima Tensione a 380 kV (AAT)
- Sistemi ausiliari di centrale
- Sistema Alimentazione carichi decentrati

Nel prosieguo verrà descritto ciascuno dei sistemi elettrici.

## **Criteria di progettazione nel rispetto ambientale**

Per la progettazione degli impianti elettrici sono stati adottati criteri che tengono in considerazione sia gli aspetti ambientali, nell'intento di minimizzarne l'impatto, sia gli aspetti della sicurezza nei confronti dei lavoratori che opereranno sull'impianto.

Oltre alle normali prescrizioni normative sui materiali, sulle macchine, sui componenti e sulle apparecchiature che verranno installate, verrà prestato particolare riguardo agli aspetti ambientali per le scelte inerenti i seguenti aspetti:

- inquinamento acustico;
- inquinamento da campi elettromagnetici;
- impatto visivo;
- inquinamento dovuto a emissioni in atmosfera;
- raccolta di prodotti nocivi in caso di guasti.

In questa sede si vogliono illustrare le principali scelte progettuali in prospettiva delle implicazioni nei confronti dell'ambiente e della sicurezza.

Tutto l'impianto sarà ricavato in caverna scavando in roccia, in tal modo si limiterà l'impatto ambientale verso l'esterno, alla sola opera costituente l'imbocco della galleria di accesso.

Questa scelta comporta:

- la netta riduzione dei campi elettromagnetici indotti dalla presenza di linee elettriche di Alta Tensione in quanto la sottostazione a 380 kV è posta in caverna; questo obiettivo verrà raggiunto adottando una geometria di posa a regola d'arte e utilizzando la idonea schermatura dei cavi
- la localizzazione di rumori, dovuti alla presenza dei grossi trasformatori e dei generatori, a zone unicamente accessibili al personale addetto;
- il pressoché nullo impatto visivo dall'esterno;
- l'assenza totale di inquinamento di tipo luminoso in quanto non necessita di illuminazione se non di tipo stradale per il piazzale all'imbocco della galleria.

Per quanto riguarda le problematiche riguardanti le macchine e le apparecchiature si sono adottati i seguenti criteri:

- i gruppi elettrogeni diesel sono posti all'interno della galleria in prossimità dell'accesso, con le tubazioni di scarico che verranno portate all'esterno, in luogo sicuro, dotandoli di silenziatori residenziali. Va sottolineato che i gruppi elettrogeni verranno utilizzati solo in caso di emergenza, poiché di norma sono fermi; le accensioni per le verifiche cicliche di corretto funzionamento sono limitate a brevi avvii di cadenza settimanale e di durata limitata a circa 15 minuti;

- i trasformatori in olio disporranno di apposite vasche di raccolta impermeabilizzate, adeguatamente dimensionate per la volumetria totale in caso di perdite di olio dalle casse.

La scelta di impiegare la tecnologia di isolamento in Esafluoruro di zolfo SF6 per apparecchiature elettriche quali i GIS in Alta Tensione e per alcuni componenti, quali sezionatori e interruttori, montati all'interno di quadri in Media Tensione, comporta un livello di sicurezza, ormai garantito, come d'altronde espresso ufficialmente dai regolamenti comunitari che escludono limitazioni all'impiego del gas a pressione appena superiore all'atmosferica per usi elettrici (Regolamento CE n.842/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 maggio 2006).

Per la Media Tensione si prevede, per i componenti all'interno dei quadri elettrici, l'adozione della "capsula sigillata per saldatura" esente da manutenzione e quindi anche da perdite in ambiente.

Nell'Alta Tensione l'adozione dell'SF6 consente la realizzazione di elementi compatti, di minor ingombro, di minor impiego di materie prime, ma soprattutto comporta una soluzione prefabbricata e quindi provata in fabbrica con minori rischi durante l'installazione e maggiori garanzie per il funzionamento.

La soluzione in SF6 implica anche un minor rischio di incendio in quanto il gas non sostiene la combustione e le parti in tensione sono contenute in involucri metallici sigillati a terra.

La tecnologia "GIS" limita inoltre la diffusione in ambiente dei campi elettromagnetici.

## Normativa di riferimento

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati a regola d'arte e nel rispetto delle normative in vigore.

Di seguito si elencano le principali normative di riferimento.

Resta inteso che gli impianti elettrici risponderanno alle normativa in vigore, anche se non menzionata in questa sede.

Leggi e Decreti:

- D.Lgs. 81/08, “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- D.Lgs 106/09, “Disposizioni integrative e correttive del Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n.81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- DM 37/08, “Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici”;
- D.P.R. 20 Marzo 1956 n.320 , “Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo”;
- DM 10/04/1984, “Eliminazione dei radio disturbi”;
- Direttiva del Consiglio (89/336/CEE) del 3 maggio 1989, “Per il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica, come modificata dalle direttive CEE 92/31 e 93/68”.

Norme Tecniche:

- CEI 02, “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- CEI 0-16, “Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica”.
- Tutte le Norme CEI/IEC applicabili; in casi particolari, quali ad esempio il calcolo delle correnti di corto circuito potranno essere adottati modelli di calcolo previsti da Norme USA quali IEEE, etc.

## Modalità di funzionamento

Il funzionamento dell'impianto sarà distinto in due fasi:

- nelle ore diurne (periodo di maggiore richiesta di energia) verrà prodotta energia elettrica sfruttando il salto idraulico del bacino superiore utilizzando le macchine in funzionamento di turbina. Le turbine trasmetteranno all'asse degli alternatori una potenza meccanica netta di 572 MW; considerando, indicativamente, auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, la centrale sarà in grado di vettoriare (sulla rete Terna) una potenza massima stimata di 554 MW, pari a 616 MVA a  $\cos\Phi = 0,9$ .
- nelle ore notturne, utilizzando la disponibilità della rete di energia elettrica, avverrà il pompaggio dell'acqua dal bacino a quota inferiore a quello superiore, al fine di ripristinare i livelli idrostatici atti a garantire la riserva per la fase successiva di produzione. I motori sincroni dovranno erogare alle pompe una potenza meccanica netta di 628 MW. Stimando, indicativamente, auto-consumi e perdite per un valore pari al 3%, verranno assorbiti dalla rete Terna 647 MW, ovvero 719 MVA considerando un  $\cos\Phi = 0,9$ .
- un possibile utilizzo della Centrale è quello di correzione del fattore di potenza mediante l'utilizzo degli alternatori quali sincroni rifasatori; questa opportunità dovrà essere concordata con Terna.

Le due fasi di generazione e pompaggio sono realizzabili grazie alla possibilità di utilizzare il blocco turbina/pompa/alternatore-sincrono sia come generatore, sia come motore grazie alla caratteristica delle macchine elettriche di potere invertire il loro senso di rotazione.

L'inversione del senso di rotazione della macchina elettrica si ottiene scambiando il senso ciclico di n.2 fasi.

Il sistema di inversione di fase verrà realizzato a macchina ferma in AAT all'interno del modulo GIS, in modo da consentire la corretta sequenzialità delle fasi sia in funzionamento da generatore, sia in funzionamento da motore durante il pompaggio.

L'elevata inerzia del complesso turbina/pompa/alternatore-sincrono, presente in fase di avviamento, sarà superata utilizzando un convertitore statico di frequenza in grado di accelerare il transitorio da fermo a piena velocità della macchina.

Il collegamento tra la macchina sincrona ed il trasformatore elevatore in AT, verrà realizzato secondo la tecnica dell' "albero rigido"; ovvero non saranno installati organi di interruzione o manovra, che saranno invece previsti sul GIS in AT (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-831).

Il trasformatore elevatore da 360 MVA innalzerà la tensione del generatore sino a 380 kV, necessari per connettersi in parallelo alla rete di trasmissione in AAT.

L'interruttore di macchina (in esecuzione GIS), installato su ogni montante della stessa, realizzerà il collegamento alla rete e sarà equipaggiato con DDI (Dispositivo di interfaccia), ovvero il complesso di protezioni elettriche così come previsto dalla Norma CEI 0-16.

Sul lato 380 kV del trasformatore elevatore verranno derivati i condotti isolati per i GIS (Gas Insulated Switchgear) in esecuzione blindata, per garantire all'impianto le necessarie protezioni e/o disconnessioni.

Dalla sottostazione AAT verrà realizzato via cavo il collegamento in antenna verso la sottostazione di Ponte Landolfo: nella prima tratta il cavo verrà posizionato all'interno della volta in galleria e, giunto all'esterno, sarà innalzato su portale per la connessione aerea.

I sistemi ausiliari dei generatori, alimentati attraverso la cabina in MT posta in caverna, e gli altri servizi alimentati dalla cabina in MT posta all'imbocco della galleria di accesso, verranno derivati da uno o più trasformatori dedicati, direttamente connessi alla AAT con un GIS al quadro di MT a 15÷20 kV, posto nella cabina interna in caverna.

Dal quadro verranno alimentati il sistema di eccitazione statica dei singoli generatori e i n.2 convertitori di frequenza SFC (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-831).

In caso di necessità è prevista la connessione a una linea Enel in MT collegata al quadro elettrico posto nella cabina della galleria di accesso (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833).

Sono inoltre previsti due gruppi elettrogeni di emergenza da 2500 kVA cadauno, installati in adiacenza della cabina esterna nella galleria di accesso collegati alle semisbarre del quadro di media tensione (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833) tramite n.2 trasformatori elevatori.



## Descrizione generale impianti elettrici

L'impianto elettrico dell'intera centrale verrà realizzato utilizzando i seguenti livelli di tensione:

- Collegamento AAT verso TERNA 380 kV c.a.
- Montante di macchina MT 18 ÷ 24 kV c.a.
- Distribuzione primaria MT 15 ÷ 20 kV c.a.
- Alimentazione ausiliari, luce, FM etc. 0,4/0,23 kV c.a.
- Alimentazioni ausiliari quadri, sicurezze, DCS etc. 0,4/0,23 kV c.a. da UPS
- Alimentazioni ausiliari di sicurezza Generazione 110 V c.c.

Secondo quanto rappresentato sul documento di progetto “Schema elettrico unifilare generale 475-E-MCE-D-D-EL-831”, i sistemi elettrici sono suddivisi in:

- sistema di generazione e pompaggio;
- sistema di altissima tensione AAT e sottostazione GIS;
- sistemi ausiliari di centrale;
- sistema di distribuzione in bassa tensione.

### Sistema Generazione e Pompaggio

Il sistema di generazione e pompaggio sarà rappresentato da una macchina elettrica sincrona costituita da un generatore a 12 poli salienti, a 500 giri/min; in funzione degli studi meccanici ed idraulici per le esigenze di pompaggio e generazione, potrà essere variato il numero di giri e di conseguenza la velocità di rotazione.

L'eccitazione dell'alternatore sincrono sarà di tipo indipendente, composta da un trasformatore e un raddrizzatore, con i relativi apparecchi di regolazione e controllo. Il centro stella dello statore verrà collegato a terra mediante un piccolo trasformatore con la duplice funzione di limitare le correnti di guasto a terra e attivare le protezioni di macchina.

I montanti di macchina, derivati dai generatori sincroni, saranno realizzati mediante condotti sbarre in cui verranno integrati i TA (Trasformatori Amperometrici) e derivati i TV (Trasformatori Voltmetrici) necessari per realizzare le protezioni e le misure di ogni singola macchina.

Il montante di macchina, realizzato sul GIS, sarà collegato all'interruttore di macchina che avrà il compito di consentire il parallelo di rete con la macchina sincrona grazie agli strumenti di misura una volta raggiunto il sincronismo. Su questo interruttore verrà posto il Dispositivo di Interfaccia (DDI), come prescritto dalle CEI 0-16.

Le protezioni di macchina ridondate saranno di tipo digitale, multifunzione, in grado di mantenere controllati i parametri che possono essere indice di insorgenza di guasti, anche quelli di tipo evolutivo.

In serie all'interruttore di macchina verrà posizionato il sistema di inversione di fase, realizzato mediante sezionatori (GIS).

Il sistema di eccitazione statica del generatore sarà costituito da un trasformatore di potenza compresa tra lo 0,3 e l'1% della potenza del generatore; un raddrizzatore e un regolatore di corrente in grado di alimentare l'iniezione della corrente di eccitazione nell'avvolgimento di rotore della macchina sincrona.

Per ciascuno dei 2 montanti sarà previsto un convertitore statico di frequenza per consentire l'avviamento graduale del complesso alternatore-pompa sino al raggiungimento della velocità di sincronismo di rete. La funzione di tale convertitore è quindi limitata alla fase di avviamento della pompa. La potenza del convertitore di frequenza può variare da 3÷6 MW, nel nostro caso di avviamento a rotore asciutto.

Il collegamento dei convertitori sarà realizzato in modo che ciascuno possa fungere da riserva all'altro.

A valle del generatore sincrono verrà collegato, sempre attraverso un condotto sbarre, il trasformatore elevatore. Eleverà la tensione lato generatore (18÷24kV) al valore di 380 kV della rete di trasmissione nazionale. La macchina disporrà di un variatore di carico a gradini per compensare la variabilità delle tensioni sulla rete di altissima tensione.

### **Sistema Altissima Tensione a 380 kV (AAT)**

Dal trasformatore elevatore parte la sezione AAT derivata mediante condotti isolati in SF<sub>6</sub> (Esafluoruro di zolfo).

La sezione a 380 kV sarà composta dagli elementi di seguito indicati.

Condotta sbarre, isolato in SF<sub>6</sub>, che collega il trasformatore al GIS (Gas Insulated Switchgear) posto nel piano superiore alla sala trasformatori ricavata in caverna.

GIS (Gas Insulated Switchgear) composto da:

- interruttori
- sezionatori di linea
- sezionatori per inversione di fase
- sezionatori di terra
- TA (Trasformatori Amperometrici)
- TV (Trasformatori Voltmetrici)
- Protezioni elettriche
- Scaricatori di sovratensioni
- Semplice sistema di sbarre

Il GIS disporrà di due arrivi/partenze verso i 2 trasformatori elevatori e 1 arrivo/partenza per il collegamento in cavo verso l'esterno della centrale.

### Cavo di collegamento in AAT (Altissima Tensione)

Una terna di cavi in AAT, isolati in XLPE, con tensione di esercizio massima a 420 kV, di tipo unipolare con schermo amagnetico, conetterà il GIS della SSAAT, posta in caverna, alla linea aerea (proveniente da Terna) posta vicino all'ingresso della centrale.

La via cavi verrà realizzata lungo la galleria di accesso alla centrale sopra una soletta in cemento armato che dividerà la galleria di accesso in due sezioni.

In uscita dalla galleria i cavi AAT verranno portati su un portale da cui parte il collegamento verso la centrale di Ponte Landolfo.

## **Sistemi ausiliari di centrale**

Le alimentazioni ausiliarie dell'intera centrale verranno derivate dalle seguenti cabine:

- Cabina elettrica posta all'interno della centrale in caverna, adiacente alla sala macchine
- Cabina elettrica esterna posta nella galleria parallela alla galleria di accesso
- N° 5 cabine di tipo prefabbricato, distribuite lungo la galleria di accesso, in apposite nicchie ricavate lungo la galleria

Per i carichi decentrati verranno utilizzate le partenze dal quadro MT della cabina esterna o linee di MT locali.

### Cabina elettrica posta all'interno della centrale, adiacente alla sala macchine (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-832)

La cabina elettrica, posta a quota +297, ospiterà un quadro generale di MT a 15÷20 kV; strutturato su tre semi-sbarre, per consentire la massima flessibilità di esercizio e l'esecuzione di manutenzioni programmate.

Il quadro verrà alimentato da 5 linee di MT:

- N° 1/2 linee derivate direttamente dai Trasformatori ausiliari.
- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dalla cabina esterna che serviranno soprattutto in fase di prima energizzazione dell'impianto ed in caso di blackout. Le linee avranno interblocchi per evitare paralleli tra linee non in sincronismo. In normali condizioni di funzionamento alimentano la cabina esterna.
- Dalle 3 semi-sbarre di quadro MT verranno alimentati N° 3 trasformatori TR1, TR2 e TR3, in olio 15÷20/0,4 kV da 2500/3000 kVA ONAN/ONAF, in grado di alimentare sia le utenze ausiliarie di

ogni singolo montante di macchina, sia le utenze ausiliarie comuni di centrali quali: luci, prese FM, pompe dei vari circuiti ausiliari, ventilazioni; i trasformatori disporranno di fosse e serbatoi di raccolta dell'olio.

- Il Quadro generale di bassa tensione (QGBT) sarà di tipo Power Center. Sarà realizzato con sbarre trifasi, senza neutro, con adeguata capacità di tenuta al corto circuito, dimensionato per le massime correnti in BT. Sarà suddiviso in 3 semi-sbarre.

Dal QGBT verranno alimentati:

- I maggiori packages facenti parte della fornitura elettromeccanica delle turbine.
- N°3 Motor Control Center (MCC) che alimentano pompe, ventilatori e tutti i motori di centrale.
- N° 2 trasformatori (TR3&4) da 250 kVA – 0,4/0,4/0,23 kV che hanno lo scopo di ricavare il neutro per le utenze monofasi e tetra-polari, limitando le correnti di corto circuito.
- N° 2 trasformatori (TR5&6) da 160 kVA (indicativamente) – 0,4 kV/110 Vc.a. e relativi raddrizzatori e gruppi di batterie a 110 Vcc per alimentare le utenze di sicurezza delle turbine.

Attraverso N° 2 UPS, da 25 kVA con autonomia di almeno 4 ore, e il quadro QSA-UPS verranno alimentate tutte le utenze che richiedono continuità di servizio, quali luci di emergenza, ausiliari dei quadri, sistemi scada.

La cabina verrà completata con gruppi di rifasamento in BT, nodo equipotenziale collegato all'impianto di terra della centrale, luci normali, di emergenza e di sicurezza, prese di servizio etc.

### Cabina elettrica esterna posta nella galleria parallela a quella di accesso (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833)

La cabina elettrica, posta nella galleria parallela alla galleria di accesso nella zona di imbocco ospiterà un quadro generale di MT a 15÷20 kV (QMT-EXT) strutturato su tre semi-sbarre.

Il quadro verrà alimentato da 5 linee di MT:

- N° 2 linee (bidirezionali) provenienti dalla cabina interna che serviranno per alimentare il quadro in fase di funzionamento normale dell'impianto ed in caso di black-out alimenteranno, invece, il quadro di centrale. Le linee avranno interblocchi per evitare paralleli tra linee non in sincronismo.
- N°2 linee provenienti da 2 gruppi elettrogeni con potenza di 2500 kVA a 0,4 kV, da utilizzare nel caso di primo avviamento ed in caso di black-out. I generatori innalzeranno la tensione da 0,4 a 15÷20 kV attraverso 2 trasformatori in olio della stessa potenza dei gruppi elettrogeni. I gruppi elettrogeni saranno alloggiati in appositi locali insonorizzati adiacenti alla cabina elettrica, gli scarichi saranno di tipo residenziale per limitare l'inquinamento acustico. L'avviamento sarà automatico, al venir meno della tensione di rete, ma verranno previste opportune logiche con interblocchi per evitare il rischio di ri-alimentare guasti. Ciascun gruppo elettrogeno disporrà di

serbatoi interrati, a doppia parete, da 25.000 litri, in grado di garantire una autonomia di almeno 48 ore, posti sul piazzale all'esterno della caverna.

- Una linea di soccorso Enel che verrà utilizzata solo in caso di emergenza in alternativa ai gruppi elettrogeni, allo scopo di aumentare il livello di sicurezza all'impianto (si valuterà in fase progettuale più avanzata lo stato del neutro in MT, a seguito della possibilità di essere alimentati da rete Enel).

Da 2 delle 3 semi-sbarre di quadro MT verranno alimentati N° 2 trasformatori in olio 15÷20/0,4 kV da 1600 kVA per l'alimentazione del QBT 0,4 kV da cui vengono alimentate 3 ventilatori posti all'ingresso della galleria di potenza superiore ai 250 kW/Cad. L'avviamento viene realizzato mediante convertitori di frequenza in grado di limitare le correnti di spunto durante la fase di avviamento, sicuramente prolungato a causa del momento di inerzia elevato delle macchine; inoltre, regolando la frequenza e quindi la velocità di rotazione delle macchine, è possibile regolare la portata d'aria in immissione. Dallo stesso quadro verranno anche alimentati, in anello aperto, le cabine prefabbricate poste lungo la galleria.

Da 2 delle 3 semi-sbarre di quadro MT verranno alimentati N° 2 trasformatori (TR1&2) in olio 15÷20/0,4 kV da 400 kVA, posti negli appositi box trasformatori della cabina elettrica, in grado di alimentare le utenze ausiliarie quali luci, prese FM, etc. I trasformatori disporranno di fosse e serbatoi di raccolta dell'olio.

Dalle 3 semi-sbarre del quadro a 15÷20 kV potranno essere alimentate zone decentrate quali l'opera di presa a monte e quella a valle.

Il Quadro di bassa tensione (QBT) sarà di tipo Power Center. Sarà realizzato con sbarre tetrapolari, con il neutro. Sarà suddiviso in 2 semi-sbarre, per rispettare la filosofia di una distribuzione in doppio radiale. Dal QBT verranno alimentati:

- I ventilatori
- I circuiti luce, prese FM, le utenze minori etc.

Attraverso N° 2 UPS, da 25 kVA, con autonomia di almeno 4 ore, e il quadro QSA-UPS verranno alimentate tutte le utenze che richiedono continuità di servizio, quali luci di emergenza, ausiliari dei quadri, scada. Per le luci di sicurezza si valuterà se adottare lampade auto-alimentate con batterie tamponi in locale oppure un impianto centralizzato dotato di soccorritori,

La cabina verrà completata con gruppi di rifasamento in BT, nodo equipotenziale collegato all'impianto di terra della centrale, luci normali, di emergenza e di sicurezza, prese di servizio.

### N° 5 cabine di tipo prefabbricato, distribuite lungo la galleria di accesso (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833)

Per alimentare i carichi posti lungo la galleria di accesso verranno previste delle cabine elettriche di tipo prefabbricato, alloggiate in nicchie.



**The Milan Company S.r.l.**  
Sede legale: Via V. Pisani 12/A – 20124 Milano  
Sede operativa: Via Bassini 53 – 20133 Milano  
Tel: 0270608880  
Fax: 0270639167

---

<http://www.mce-milano.com>

E-mail : [info@mce-milano.com](mailto:info@mce-milano.com)

Queste cabine verranno alimentate in anello aperto, mediante collegamento entra-esci con una linea a 15÷20 kV proveniente dal quadro di QMT della cabina esterna.

Ciascuna cabina disporrà di un trasformatore in resina, indicativamente da 100 kVA – 15÷20/0,4 kV per alimentare n°1 ventilatore, le luci di galleria del tratto interessato, gruppi prese.

## **Alimentazione carichi decentrati**

Per carichi decentrati si intendono:

- Cabina elettrica dell'opera di presa a monte;
- Cabina elettrica dell'opera di presa a valle;
- Camera della valvola a farfalla.

Allo stato attuale del progetto si prevede di alimentare queste cabine mediante linee in MT a 15÷20 kV derivate dalla cabina esterna e dalla cabina interna (rif. dis. 475-E-MCE-D-D-EL-833/834) o in alternativa da rete pubblica in MT locale disponibile.

Per la camera della valvola a farfalla si verificherà la possibilità di un collegamento, direttamente in BT, proveniente direttamente dal quadro generale di bassa tensione, all'interno della centrale elettrica, oppure adottare soluzioni simili a quelle dei punti precedenti.

## **Impianto Luce**

L'illuminazione sarà differenziata per tipologia di ambienti, individuabili in aree esterne (viabilità, piazzali, ecc.), centrali in galleria, sale quadri, cabine elettriche, ambienti a servizio della sottostazione AT, galleria di accesso e area turbine/trasformatori.

L'illuminazione rispetterà le normative in vigore, tra le quali si elencano (a carattere indicativo e non esaustivo):

- norma UNI EN 12464-1, “Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni”;
- norma UNI EN 12464-2, “Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno”.

Inoltre verrà tenuto conto delle normative in materia di sicurezza sul lavoro, garantendo l'adeguato livello di illuminamento al fine di permettere lo svolgimento corretto delle operazioni di lavoro/manutenzione (D.Lgs 81/08, Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro).

Gli apparecchi illuminanti installati all'interno (nelle gallerie, nella centrale e nei suoi ambienti a supporto e di servizio) avranno caratteristiche tecniche ed Indici di Protezione adeguati all'ambiente di impiego: ambiente umido, ambiente a rischio di esplosione, ambienti con presenza di polvere, ambienti con utilizzo di videotermini, ecc.

Le lampade utilizzate per le aree esterne (viabilità esterna, piazzali, ecc.) saranno montate su pali stradali e dotati di ottica cut-off anti-inquinamento luminoso.

Le sorgenti utilizzate saranno fluorescenti e a scarica (in particolare nella zona delle turbine e nelle aree esterne). Le ottiche dei corpi illuminanti saranno tali da garantire la massima resa del flusso luminoso, evitando fenomeni di abbagliamento e/o riflessione.

L'impianto di illuminazione dell'intera centrale prevede che alcuni corpi illuminanti siano alimentati da circuito di emergenza al fine di garantire in caso di black-out la conclusione delle lavorazioni in corso e l'eventuale evacuazione dell'impianto, in assoluta sicurezza.

Le uscite di emergenza saranno segnalate da corpi illuminanti dedicati (dotati di pittogrammi) installati sopra le porte e lungo i percorsi di evacuazione a segnalazione della direzione da seguire.

## **Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche**

L'impianto sarà dotato di un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche.

L' LSP avrà il duplice scopo di proteggere le apparecchiature e le persone poste all'aria aperta dalla fulminazione diretta e proteggere le linee elettriche che entrano in galleria verso gli impianti interni dalla fulminazione indiretta/diretta.

L'analisi sarà eseguita in conformità alla norma CEI EN 62305 (CEI 81-10).



## Impianto di rivelazione incendi e gas tossici ed esplosivi

La realizzazione del sistema di rivelazione ed allarme incendi, sarà conforme alla norma Norma UNI 9795, “Sistemi fissi automatici di rivelazione, di segnalazione manuale e di allarme d'incendio”, e a tutte le altre normative in materia in vigore.

L'impianto sarà distribuito in tutti gli ambienti e sarà essenzialmente suddiviso in sistemi fissi automatici di rivelazione e di allarme d'incendio (costituiti da rivelatori puntiformi di fumo e di calore, rivelatori ottici lineari di fumo e cavi termosensibili, targhe ottico-acustiche e sirene, collegati ad impianti di estinzione o ad altro sistema di protezione, con la funzione di rivelare e segnalare un incendio nel minore tempo possibile) e sistemi fissi di segnalazione manuale e di allarme d'incendio (pulsanti a rottura di vetro con la funzione di attivazione manuale dell'allarme incendio nel caso l'incendio stesso sia rivelato dall'uomo).

Analogamente verrà installato un sistema di rivelatori di gas tossici ed esplosivi in tutti gli ambienti ove è prevedibile lo sviluppo di miscele e/o gas esplosivi (vapori di benzina, Metano, Anidride Carbonica, Monossido di Carbonio, Ossidi di Azoto, Idrogeno Solforato, Anidride Solforica).

I rivelatori saranno installati in custodie di adeguata protezione e avranno lo scopo di rilevare la quantità di presenza di sostanza tossiche (esprimibile in concentrazioni “ppm” per i gas tossici, in concentrazioni esprimibili in % LIE, Limite Inferiore di Esplosibilità, per i gas/miscele esplosivi).

## Impianti elettrici ausiliari

All'interno della centrale verranno installati i seguenti impianti ausiliari:

- Impianto rilevamento perdite d'acqua: l'impianto sarà costituito da sistemi atti a individuare la posizione della perdita con uno scarto di pochi metri.
- Impianto di Cablaggio Strutturato: l'impianto sarà costituito da una rete di comunicazione in grado di trasportare segnali di vario genere (fonia, dati, ecc.); scopo del sistema di Cablaggio strutturato sarà quello di creare una rete trasmissione dati diffusa all'interno della centrale composta da prese TD dislocate in prossimità di quadri elettrici, apparecchiature ed in alcuni punti lungo la galleria, utili all'allacciamento di portatili per facilitare le operazioni di registrazione dati, manutenzione, ecc..
- Impianto TVcc, antintrusione, controllo accessi: l'impianto integrato (facente capo alla centrale installata in Sala Controllo) in oggetto prevede l'installazione di telecamere digitali collegate a sistemi di gestione/registrazione delle immagini che consentiranno il monitoraggio automatico di tentativi di effrazione e di atteggiamenti sospetti; il sistema di videosorveglianza si interfacerà con la piattaforma di Controllo Accessi che garantirà l'idoneità dei transiti e le modalità in base alle quali essi avvengono fornendo su di un'unica piattaforma le funzioni di controllo accessi e antintrusione; inoltre la struttura del sistema di Controllo Accessi si baserà su una serie di filtri costituiti da barriere controllate da lettori di badge di prossimità che comanderanno l'apertura del varco controllato solo in seguito alla lettura corretta di una tessera valida ed abilitata.

- Impianto Diffusione sonora di emergenza (Evac): l'impianto verrà installato a copertura della centrale e sarà programmabile secondo una parzializzazione in aree logiche (gestibili separatamente o congiuntamente), consentendo l'invio di messaggi differenti indirizzati alle singole zone o a tutta la centrale; sarà possibile utilizzare l'impianto anche per la chiamata a zone (chiamate di servizio per il personale); sarà in grado di trasmettere messaggi preregistrati (o letti su base microfonica); sarà predisposta una interfaccia di collegamento con l'impianto di rivelazione incendi in grado di attuare un comando di evacuazione in automatico (totale o per settori) e coprirà tutte le vie di fuga (comprese le zone filtro) e le aree di attività lavorativa/stazionamento.
- Impianto di Regolazione, Controllo e Supervisione - Il sistema di automazione disporrà di una Sala Controllo (posta in centrale sopra la cabina elettrica) e negli uffici all'ingresso di centrale; le varie postazioni saranno collegate in fibra ottica con dorsali opportunamente ridondate. Sarà possibile monitorare il funzionamento della centrale anche da postazioni remote rispetto all'impianto, mediante collegamenti telematici. Il sistema garantirà il monitoraggio e la sicurezza dell'impianto, in particolare:
  - rappresentazione (su PC) dei dati (stati, misure, allarmi),
  - acquisizione di misure valide ai fini della contabilizzazione fiscale (UTF),
  - supervisione alle operazioni di parallelo dei generatori con la rete (gestite dal sistema di parallelo dei generatori), con possibilità di dare inizio alla sequenza di messa in parallelo,
  - gestione di logiche di sicurezza e di blocco in caso di operazioni errate da parte del personale di sala controllo,
  - dialogo con i vari PLC presenti in centrale, che gestiscono le logiche dei vari sottosistemi,
  - monitoraggio delle misure che riguardano l'intero sistema idraulico quali livelli, pressioni, portate, stato delle valvole, con possibilità di registrazione dei transitori,
  - monitoraggio del sistema elettrico (stato degli interruttori, misure dei parametri elettrici, allarmi di intervento delle protezioni, con possibilità di effettuare alcune manovre di commutazione direttamente da sala controllo),
  - monitoraggio dei sistemi ausiliari di centrale quali: sistemi di lubrificazione, sistema di raffreddamento, ventilazione etc., mediante acquisizione di temperature, portate, pressioni etc. con la possibilità di comandare questi sistemi dalle postazioni di controllo mediante l'utilizzo di password.

## Misure di protezione ambientale e di sicurezza dei lavoratori

### Classificazione dei luoghi pericolosi

Da una prima analisi sulla possibile formazione di atmosfere esplosive, non si ritiene necessaria, in fase di esercizio della centrale, l'installazione di apparecchiature elettriche dotate di particolari caratteristiche protettive nei confronti della formazione di miscele gassose in quanto, in regime normale di funzionamento, l'impianto non dovrebbe essere soggetto a tale pericolo.

Per le costruzioni elettriche, salvo verifiche in fase esecutiva e a valle di situazioni al momento non prevedibili, sarà sufficiente adottare un livello di protezione standard.

Nei confronti del grado di protezione delle costruzioni elettriche per impedire alle polveri di penetrare negli involucri verrà valutata l'eventualità di adottare idonee custodie secondo quanto prescritto dalla direttiva Atex 94/9/CE pari a II 3D).

In ogni caso, per evitare la creazione di forme di innesco, saranno limitate le massime temperature superficiali raggiungibili dalle apparecchiature elettriche e verrà effettuata la normale manutenzione per evitare la formazione di accumuli localizzati di strati di polvere.

A impedire la formazione di eventuali concentrazioni gassose dovute a perdite localizzate e di strati polverosi di una certa consistenza, contribuisce in maniera determinante la ventilazione artificiale sempre assicurata nelle fasi di funzionamento dell'impianto.

### Campi elettrici e magnetici

La presenza di linee in cavo in MT e in AAT provocherà la formazione di campi elettrici e magnetici in prossimità delle linee stesse. In fase di progettazione esecutiva verranno eseguiti i calcoli dei campi elettromagnetici indotti nell'intorno delle linee elettriche, al fine di verificare che gli effetti siano compatibili con i limiti di legge imposti dalla normativa vigente. Allo scopo di ridurre l'effetto dei campi magnetici verrà posta particolare attenzione alle modalità di posa dei cavi stessi, adottando configurazioni idonee a minimizzare l'effetto elettromagnetico.

### Prescrizioni per la sicurezza

La protezione contro i contatti diretti verrà effettuata mediante l'utilizzo di quadri elettrici (di Media a Bassa Tensione) di tipo prefabbricato. I trasformatori di potenza saranno installati in appositi locali (dove saranno rispettare le distanze di isolamento e di guardia) e saranno comunque segregati tramite l'installazione di barriere fisse (apribili solo a mezzo di serratura a chiave interbloccata). Per i sistemi di I categoria la protezione verrà realizzata mediante l'utilizzo di involucri, o barriere, che impediscono il contatto, anche accidentale, con parti normalmente in tensione. La rimozione di dette barriere potrà avvenire solo con l'ausilio di un attrezzo. Tutte le apparecchiature accessibili avranno un grado di protezione minimo pari a IP2X se a portata di mano.

Per le protezioni realizzate contro i contatti indiretti nei sistemi di II categoria, si farà riferimento all'apposito studio coordinamento protezioni (che verrà sviluppato in fase di Progettazione Esecutiva). Nei sistemi di I categoria, con tensione superiore a 50 V verso terra, si adotterà il sistema di protezione

con interruzione automatica del circuito. Le protezioni saranno coordinate con l'impianto di terra in modo da assicurare l'interruzione del circuito guasto entro i tempi indicati sulla tabella 41A della norma CEI 64-8 per la tensione nominale verso terra di 230V (0.4 s). Tale coordinamento è valido se sarà verificata seguente condizione di cui alla Norma CEI 64-8 art. 413.1.3.3.

Per la verifica delle portate dei cavi e per la verifica del coordinamento con i dispositivi di protezione verrà sviluppato in fase di Progettazione Esecutiva un'analisi di dettaglio riassunta in un apposito documento.

Le protezioni contro i sovraccarichi ed i corto circuiti saranno previste all'inizio della condotta.

Le misure di protezione contro le sovratensioni e gli abbassamenti di tensione adottate saranno finalizzate ad evitare o sopprimere i pericoli connessi con gli impianti elettrici, con gli apparecchi utilizzatori o con le macchine alimentate elettricamente.

Le apparecchiature elettriche verranno costruite, o comunque protette, per non costituire pericolo di innesco o di propagazione di incendio per i materiali adiacenti; per la loro installazione saranno osservate tutte le relative istruzioni dei costruttori.

In particolare verranno applicate le prescrizioni contenute nella sezione 422 della Norma CEI 64-8/4.