

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI S. GIACOMO III
Installazione di un nuovo gruppo di pompaggio
Centrale di S. Giacomo
Comune di Fano Adriano (TE)

Progetto Definitivo per Autorizzazione
RELAZIONE IDRO-ELETTROMECCANICA

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17170.00.005.00_Relazione_IdroElettromeccanica.docx

00	25/07/2022	Prima Emissione	Groupe-E	C. Piccinin F. Maugliani	A. Balestra
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

	Support Team:	Project Engineer: P. VIGANONI
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

S. GIACOMO III

GRE CODE

GROUP	FUNZION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION
GRE	EEC	D	99	IT	H	17170	000	005	00

CLASSIFICATION PUBLIC

UTILIZATION SCOPE PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.

00	25.07.2022	Groupe-E	MFr/Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	1
1.2	Documenti analizzati	1
1.2.1	Documentazione Dataroom Enel	1
1.3	Tecnologia DFIM (Double Fed Induction Motor)	2
2.	DATI IDRAULICI DI RIFERIMENTO	5
3.	CARICHI E PORTATE	7
3.1	Carichi e portate considerati in fase di pompaggio	7
4.	POTENZA DEL NUOVO GRUPPO	8
5.	RENDIMENTI DI MACCHINA	9
5.1	Salto Lordo = 675.6 m (salto massimo), GR.7 + GR.8	9
5.2	Salto Lordo = 675.6 m (salto massimo), solo GR.8	9
5.3	Salto Lordo = 661.8 m (salto di design), GR.7 + GR.8	9
5.4	Salto Lordo = 661.8 m (salto di design), solo GR.8	9
5.5	Salto Lordo = 648.0 m (salto minimo), GR.7 + GR.8	10
5.6	Salto Lordo = 648.0 m (salto minimo), solo GR.8	10
6.	PREDIMENSIONAMENTO DELLE MACCHINE ED APPARECCHIATURE PRINCIPALI D'IMPIANTO	11
6.1	Caratteristiche e dimensioni principali della macchina idraulica	12
6.2	Dimensioni principali della Cassa a Spirale	13
6.3	Dimensioni principali di Cono e Diffusore	14
6.4	Valvola di macchina di monte (lato alta pressione)	15
6.5	Valvola di macchina di valle (lato bassa pressione)	16
6.6	Caratteristiche e dimensioni principali del generatore	18
6.7	Caratteristiche e dimensioni principali del trasformatore di potenza	18
6.8	Caratteristiche e dimensioni principali dell'eccitazione statica	19
6.9	Caratteristiche e dimensioni del convertitore statico di frequenza	20

6.10	Caratteristiche e dimensioni dell'installazione MT	22
7.	DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI AUSILIARI D'IMPIANTO	23
7.1	Sistema di raffreddamento	23
7.2	Sistema di lubrificazione e raffreddamento delle tenute dell'albero	24
7.3	Sistema ad olio pressurizzato	24
7.4	Sistema di lubrificazione ad olio pressurizzato	25
7.5	Armadi di controllo del processo e ausiliari elettrici	25
7.6	Sistema di Drenaggio	26
7.7	Sistema di svuotamento dell'acqua contenuta nel gruppo	26
7.8	Carroponte	26

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1:	Schema di principio di una macchina elettrica reversibile di tipo DFIM con eccitazione AC: la variazione di velocità è ottenuta variando la potenza fornita al rotore avvolto della macchina ad induzione.	2
Figura 2:	Macchina idraulica - schema dimensioni principali	12
Figura 3:	Cassa a spirale - schema dimensioni principali	13
Figura 4:	Cono e Diffusore - schema dimensioni principali	14
Figura 5:	Valvola di monte (lato alta pressione) – posizione	15
Figura 6:	Valvola di valle (lato bassa pressione) – posizione.	16
Figura 7:	Valvola di valle (lato bassa pressione) – posizione rispetto ad asse macchina.	17
Figura 8:	Generatore – schema dimensioni principali	18
Figura 9:	Eccitazione statica – estratto schema unifilare	19
Figura 10:	Eccitazione statica – dimensioni principali	20
Figura 11:	Convertitore statico di frequenza – schema dimensioni principali	21
Figura 12:	Sistema di raffreddamento convertitore di frequenza – schema dimensioni principali	21
Figura 13:	Sezionatore di media tensione di alta potenza.	22
Figura 14:	Centralina oleodinamica - dimensioni	25

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Tecnologia di regolazione di velocità applicata in pompaggi idroelettrici di recente costruzione	3
Tabella 2: Confronto tra alcune caratteristiche tecniche delle soluzioni a velocità variabile DFIM e CFM (FFSM), (fonte Groupe-E, 2020)	3
Tabella 3: Confronto tra le caratteristiche di regolazione della soluzione a velocità costante e della soluzione a velocità variabile DFIM, (fonte Groupe-E, 2020)	4
Tabella 4: Nuovo Gruppo di pompaggio – carichi e portate	7
Tabella 5: Nuovo Gruppo di pompaggio – potenze disponibili	8
Tabella 6: Nuovo Gruppo di pompaggio – caratteristiche principali della macchina idraulica	11
Tabella 7: Predimensionamento della pompa per $P = 252$ MW e $HB = 670$ mH ₂ O	11

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

Enel SpA – HGT Design & Execution, ha affidato a Lombardi SA l'incarico professionale di ingegneria per la Progettazione Definitiva per Autorizzazione relativa ad un intervento di potenziamento in pompaggio dell'impianto idroelettrico di San Giacomo di proprietà di Enel Produzione SpA, in Comune di Fano Adriano (TE), mediante l'inserimento di un nuovo gruppo pompa.

L'impianto di San Giacomo, realizzato negli anni '50 e non oggetto di interventi, è stato ampliato negli anni '90 con una nuova centrale in caverna dotata di derivazione indipendente e denominata centrale di San Giacomo II. Questa, che deriva sempre dal serbatoio di Provvidenza restituendo nel serbatoio di Piaganini, è dotata di due gruppi di produzione: 1 turbina Pelton (Gr. 6) da 282.48 MW ed un gruppo Francis di tipo reversibile (Gr.7) da 56.30 MW: la capacità di pompaggio attuale è circa del 15% rispetto alla capacità in generazione.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una nuova caverna di Centrale contenente un nuovo gruppo pompa, collegato a monte al pozzo forzato di San Giacomo II ed a valle con una nuova galleria forzata direttamente al serbatoio di Piaganini.

Il nuovo ampliamento d'impianto denominato San Giacomo III consente l'incremento della potenza in pompaggio tra i due serbatoi. L'idea del potenziamento nasce per iniziativa delle strutture Tecniche di Enel Green Power con lo scopo di sfruttare al meglio la risorsa idrica disponibile, adeguandone l'utilizzo alle nuove esigenze di regolazione e servizi ancillari di rete.

L'obiettivo di questa Relazione Tecnica è quello di descrivere, per la fase di progettazione definitiva, il dimensionamento dei principali componenti idromeccanici ed elettromeccanici del nuovo gruppo di pompaggio da installare nell'impianto.

1.2 Documenti analizzati

1.2.1 Documentazione Dataroom Enel

Per lo sviluppo del progetto definitivo si è fatto riferimento ai documenti compresi nella documentazione d'incarico ricevuta da Enel GP, raccolti nella Dataroom di progetto.

Il progetto definitivo è stato sviluppato senza studio di fattibilità: sono state quindi esaminate, prima di dar corso all'alternativa prescelta, alcune diverse soluzioni di layout fra le più praticabili, valutate qualitativamente per i vari aspetti tecnici e quindi per il rapporto costi benefici.

1.3 Tecnologia DFIM (Double Fed Induction Motor)

In questo paragrafo si vuole sommariamente descrivere la tecnologia DFIM, di cui il nuovo gruppo pompa sarà dotato.

Il nuovo gruppo sarà del tipo **Macchina asincrona con rotore avvolto** (macchina a induzione a doppia alimentazione, Double Feed Induction Machine DFIM). Per una macchina di tipo DFIM, la variazione di velocità si ottiene variando la potenza fornita al rotore avvolto della macchina ad induzione, **Figura 1**.

Questo tipo di macchina riduce le dimensioni del convertitore di frequenza, poiché solo una parte della potenza (~10-15% del valore nominale massimo) è fornita dal convertitore. La macchina elettrica ha alcune complicazioni costruttive: il rotore deve essere alimentato attraverso bocche che trasportano una corrente molto elevata. Inoltre, il campo di variazione della velocità è limitato al +/- 10% della velocità nominale.

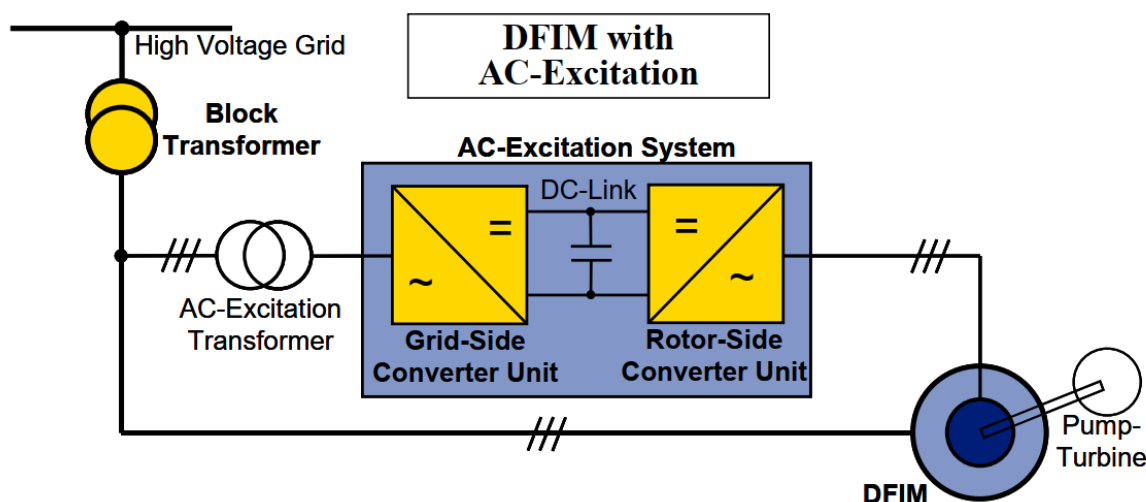


Figura 1: Schema di principio di una macchina elettrica reversibile di tipo DFIM con eccitazione AC: la variazione di velocità è ottenuta variando la potenza fornita al rotore avvolto della macchina ad induzione.

Ad oggi, la grande maggioranza degli impianti di pompaggio a turbina a velocità variabile sono di tipo DFIM, **Tabella 1:**

Name	Country	Type	Turbine power [MW]	No. of units	Total power [MW]
Kazunogawa 3 and 4	Japan	DFIM	460	1	460
Okawachi 1 and 2	Japan	DFIM	395	2	790
Frades II	Portugal	DFIM	390	2	780
Venda Nova 3	Portugal	DFIM	380	2	760
Okukiyotsu 2	Japan	DFIM	340	1	340
Omarugawa 1 and 3	Japan	DFIM	330	2	660
Omarugawa 2	Japan	DFIM	330	1	330
Okutataragi	Japan	DFIM	320	2	640
Omarugawa 4	Japan	DFIM	310	1	310
Shiobara	Japan	DFIM	309	1	309
Fengning 2	China	DFIM	300	2	600
Goldisthal	Germany	DFIM	265	4	1060
Linth-Limmern	Switzerland	DFIM	250	4	1000
Tehri	India	DFIM	250	4	1000
Le Cheylas	France	DFIM	240	1	240
Kyogoku 1 and 2	Japan	DFIM	230	2	460
Avče	Slovenia	DFIM	180	1	180
Nant de Drance	Switzerland	DFIM	150	6	900
Takami 2	Japan	DFIM	103	1	103
Grimsel 2	Switzerland	CFSM	100	1	100

Tabella 1: Tecnologia di regolazione di velocità applicata in pompaggi idroelettrici di recente costruzione

I gruppi DFIM hanno in generale rendimenti maggiori così come un efficientamento maggiore rispetto ai gruppi dotati di tecnologia CFSM (Converter fed Synchronous Motor).

Si ripartono ulteriori confronti fra le caratteristiche tecniche delle soluzioni praticabili, dal punto di vista degli ingombri e delle caratteristiche/capacità di regolazione e manutenzione.

	DFIM	CFSM (FFSM)
Size Motor-Generator	130%	100%
Power frequency converter	10-20%	100%
Size frequency converter	20%	100%
Range pumping modus	70-100%	40-100%
Start in pumping modus	Dewatered	Watered
Efficiency	~98 %	97.5 %
Inertia constant	140 %	100%
Main maintenance problem	Motor-Generator	Frequency converter VSI/MNCC

Tabella 2: Confronto tra alcune caratteristiche tecniche delle soluzioni a velocità variabile DFIM e CFSM (FFSM), (fonte Groupe-E, 2020).

	FIX	DFIM
Power regulation in pumping mode	No	Partial
Power regulation in generation mode	Yes	Yes
Operating point optimization	No	Yes (partial)
Start with dewatered impeller	Yes	Yes
Pump starting time	Long	Long
Turbine starting time	Short	Short
Reactive power regulation at standstill	No	Partial
Size of generator	Standard	Big
Size of converter	Small (starter or BcktoBck)	Medium (Rotor)
Maintenance	Conventional	Rotor

Tabella 3: Confronto tra le caratteristiche di regolazione della soluzione a velocità costante e della soluzione a velocità variabile DFIM, (fonte Groupe-E, 2020).

A completamento del quadro conoscitivo introduttivo, va aggiunto che:

- la regolazione di potenza in modalità pompa può essere effettuata tramite operazioni in cosiddetto “hydraulic short-circuit”, per cui il gruppo Pelton di San Giacomo II può funzionare in generazione durante l’operazione di avviamento del gruppo pompa, permettendo di ridurre l’energia assorbita dalla rete;
- l’avvio back-to-back può essere effettuato sfruttando i collegamenti AT / MT tra le due centrali.

2. DATI IDRAULICI DI RIFERIMENTO

Il riferimento per il dimensionamento idro ed elettro meccanico sono i dati idraulici di dimensionamento del nuovo gruppo reversibile valutati nella Relazione Idraulica e rappresentati nello Schema Idraulico della derivazione, documenti compresi nel presente progetto definitivo.

Il nuovo gruppo di pompaggio (GR.8) può funzionare da solo, o con il gruppo reversibile esistente (GR.7) che è in grado di convogliare fino a 8.29 m³/s: per il nuovo gruppo è prevista una galleria di scarico indipendente da quella della turbina reversibile esistente, mentre la galleria di adduzione a monte è in comune.

Le perdite di carico sono:

1. Nuovo gruppo di pompaggio (GR.8):

- Perdite a monte (Q = 33.47 m³/s) 3.14 mH₂O
- Perdite a valle (Q = 33.47 m³/s) 15.57 mH₂O
- Totale perdite 18.71 mH₂O.

2. Nuovo gruppo di pompaggio (GR.8) e gruppo reversibile esistente (GR.7):

- Perdite a monte (Q = 33.47 m³/s) 3.14 mH₂O
- Perdite a valle (Q = 41.76 m³/s) 25.98 mH₂O
- Totale perdite 29.12 mH₂O.

Il gruppo è stato dimensionato sulla base delle seguenti ipotesi:

1. In pompaggio:

- Portata massima Gr.8 33.47 m³/s
- Max. salto geodetico 675.60 mH₂O
- Prevalenza alla massima portata (GR.7 + GR.8) 704.72 mH₂O.

Occorre considerare che con il salto geodetico minimo i valori massimi di portata variano:

1. In pompaggio

- Portata massima Gr.8 35.27 m³/s
- Min. salto geodetico 648.00 mH₂O
- Prevalenza alla massima portata (GR.8) 668.78 mH₂O

I valori sopra riportati evidenziano la modesta variazione di salti e carichi (tra 668.78 mH₂O e 704.72 mH₂O) da considerare nel dimensionamento della macchina idraulica.

Per la macchina elettrica, si considera che l'inverter associato alla macchina DFIM possa operare eseguendo un rifasamento con assorbimento di potenza reattiva, anche in funzionamento statico ovvero sconnesso dal motore della pompa.

In questa fase del progetto, la frequenza di funzionamento del generatore (inizialmente previsto a 50Hz a 428rpm) sarà oggetto di uno studio di ottimizzazione, che potrà indicare un numero di giri di riferimento più alto.

3. CARICHI E PORTATE

Nel presente capitolo si riporta per la fase di pompaggio il dettaglio dei valori di livello nei serbatoi, salto lordo, perdite di carico, salto netto considerati nel dimensionamento del nuovo gruppo di pompaggio.

Si intende per “monte” quanto relativo al serbatoio Piaganini, mentre per “valle” si intende quanto relativo al serbatoio Provvidenza.

Per “efficace” si intende la grandezza (i.e. portata o salto) di design della macchina idraulica.

3.1 Carichi e portate considerati in fase di pompaggio

Grandezza	Valore	u.m.
Max. livello serbatoio monte	397.00	m s.l.m.
Min. livello serbatoio monte	384.40	m s.l.m.
Max. livello serbatoio valle	1'060.00	m s.l.m.
Min. livello serbatoio valle	1'045.00	m s.l.m.
Max. salto lordo	675.60	mH ₂ O
Min. salto lordo	648.00	mH ₂ O
Max. portata al massimo salto netto efficace	33.47	m ³ /s
Perdite di carico complessive @33.47 m ³ /s (Gr.7+ Gr.8)	29.12	mH ₂ O
Massimo salto netto efficace @33.47 m ³ /s (Gr.7+ Gr.8)	704.72	mH ₂ O
Max. portata al minimo salto netto efficace (solo Gr.8)	35.27	m ³ /s
Perdite di carico complessive @35.27 m ³ /s (solo Gr.8)	20.78	mH ₂ O
Minimo salto netto efficace @35.27 m ³ /s (solo Gr.8)	668.78	mH ₂ O

Tabella 4: Nuovo Gruppo di pompaggio – carichi e portate

4. POTENZA DEL NUOVO GRUPPO

Considerando i dati idraulici indicati nel precedente capitolo, le potenze disponibili sono le seguenti:

Modalità	Salto netto	Potenza	u.m.
Pompaggio	Massimo a portata di design	251.9	MW

Tabella 5: Nuovo Gruppo di pompaggio – potenze disponibili

Per il dimensionamento della macchina elettrica, la potenza considerata è la potenza meccanica di 251.9 MW all'albero divisa per l'efficienza dell'alternatore e del convertitore di frequenza, ovvero una potenza elettrica di circa 262.3 MW. Tenendo in considerazione un valore minimo di $\cos(\varphi) = 0.87$ la potenza apparente del generatore sarà di 300 MVA.

5. RENDIMENTI DI MACCHINA

I rendimenti del gruppo di pompaggio sono dati per la massima portata, in quanto la macchina non ha un distributore, per tre diversi salti, (per ognuno viene distinto il caso con GR.7 + GR.8 e con solo GR.8).

I risultati sono presentati nelle tabelle seguenti.

5.1 Salto Lordo = 675.6 m (salto massimo), GR.7 + GR.8

• Portata	33.47 m ³ /s
• Perdite di carico	29.12 mH ₂ O
• Salto netto	704.72 mH ₂ O
• Rendimento	91.87 %

5.2 Salto Lordo = 675.6 m (salto massimo), solo GR.8

• Portata	33.95 m ³ /s
• Perdite di carico	19.25 mH ₂ O
• Salto netto	694.85 mH ₂ O
• Rendimento	91.87 %

5.3 Salto Lordo = 661.8 m (salto di design), GR.7 + GR.8

• Portata	34.11 m ³ /s
• Perdite di carico	30.04 mH ₂ O
• Salto netto	691.84 mH ₂ O
• Rendimento	91.89 %

5.4 Salto Lordo = 661.8 m (salto di design), solo GR.8

• Portata	34.61 m ³ /s
• Perdite di carico	20.01 mH ₂ O
• Salto netto	681.81 mH ₂ O
• Rendimento	91.89 %

5.5 Salto Lordo = 648.0 m (salto minimo), GR.7 + GR.8

• Portata	34.74	m ³ /s
• Perdite di carico	30.96	mH ₂ O
• Salto netto	678.96	mH ₂ O
• Rendimento	91.86	%

5.6 Salto Lordo = 648.0 m (salto minimo), solo GR.8

• Portata	35.27	m ³ /s
• Perdite di carico	20.78	mH ₂ O
• Salto netto	668.78	mH ₂ O
• Rendimento	91.86	%

6. PREDIMENSIONAMENTO DELLE MACCHINE ED APPARECCHIATURE PRINCIPALI D'IMPIANTO

La macchina idraulica è dimensionata per un funzionamento ottimale con le seguenti caratteristiche:

Grandezza	Valore	u.m.
Salto netto	705.0	mH ₂ O
Portata nominale	33.50	m ³ /s
Portata massima (a 670 mH ₂ O)	35.30	m ³ /s
Velocità nominale (a 670 mH ₂ O)	500.0	Giri/min

Tabella 6: Nuovo Gruppo di pompaggio – caratteristiche principali della macchina idraulica

Con questi valori sono possibili diverse opzioni. La seguente tabella illustra le caratteristiche principali per pompe mono e multistadio.

Z _{stage}	1	2	3	4	u.m.
H _n /Z _{stage}	670	335	223.333	167.5	mH ₂ O
P _m /Z _{stage}	252	126	84	63	MW
Q _n	34.12	34.867	35.187	35.525	m ³ /s
N _n	500	428.571	375	375	Giri/min
D _{LP}	1.908	1.905	1.973	1.98	m
D _{HP}	4.176	3.57	3.403	3.042	m
B*	0.189	0.302	0.369	0.442	m
E _{tap,max}	0.889	0.908	0.916	0.925	-
H _{s,min}	-46.306	-30.488	-22.041	-19.746	m
N _{q,stage}	22.178	32.318	38.505	48.005	-

Tabella 7: Predimensionamento della pompa per P = 252 MW e HB = 670 mH₂O.

Il design monostadio porta a un valore per N_q troppo basso (limite min. a N_q = 25). La macchina a 4 stadi è invece decisamente al limite dell'applicabilità pratica, sempre in termini di N_q, in questo caso troppo basso.

Rimangono dunque le soluzioni bi- e tristadio. La macchina bistadio ha una più alta (quasi ottimale) potenza per stadio rispetto alla tristadio, e sarebbe dunque idraulicamente ottimale. Tuttavia, la sommergenza richiesta è minore per la soluzione tristadio (-22 m anziché -31 m). Dato che il piano delle installazioni è definito dalle possibilità di accesso e da considerazioni di tipo geologico, viene raccomandata una soluzione bistadio.

Le dimensioni esatte di una pompa multistadio possono essere correttamente definite in fase di progettazione idraulica costruttiva solo dal fornitore. Per ottenere delle dimensioni preliminari al fine del dimensionamento delle opere civili è stato eseguito il calcolo di dimensionamento di una pompa monostadio a 500 giri/min (informazioni ai capitoli §6.1, §6.2 e §6.3).

Poiché non è stato possibile ottenere un predimensionamento per una pompa bistadio dai fornitori, sono state svolte delle ricerche per una pompa dalle caratteristiche simili, da cui ottenere un valido riferimento di predimensionamento, da confrontare con il precedente.

Le macchine più simili alla pompa di S. Giacomo, e quindi più adatte per il predimensionamento di una pompa bistadio sono la macchina reversibile dell'impianto di Yang-Yang (General Electric South Korea) e i gruppi dell'impianto di Linth Limmern (General Electric Switzerland).

Il dimensionamento della caverna è stato basato sulle informazioni disponibili per i due impianti citati.

Da ultimo, la pompa e il generatore sono stati dimensionati per una velocità di rotazione pari a 428.6 giri/min (in variante all'ipotesi iniziale di 600 giri/min adottata per il generatore).

6.1 Caratteristiche e dimensioni principali della macchina idraulica

Tutte le dimensioni ed i valori indicati nel seguito come risultato del calcolo di dimensionamento dovranno essere confermati dal Produttore in sede di Appalto.

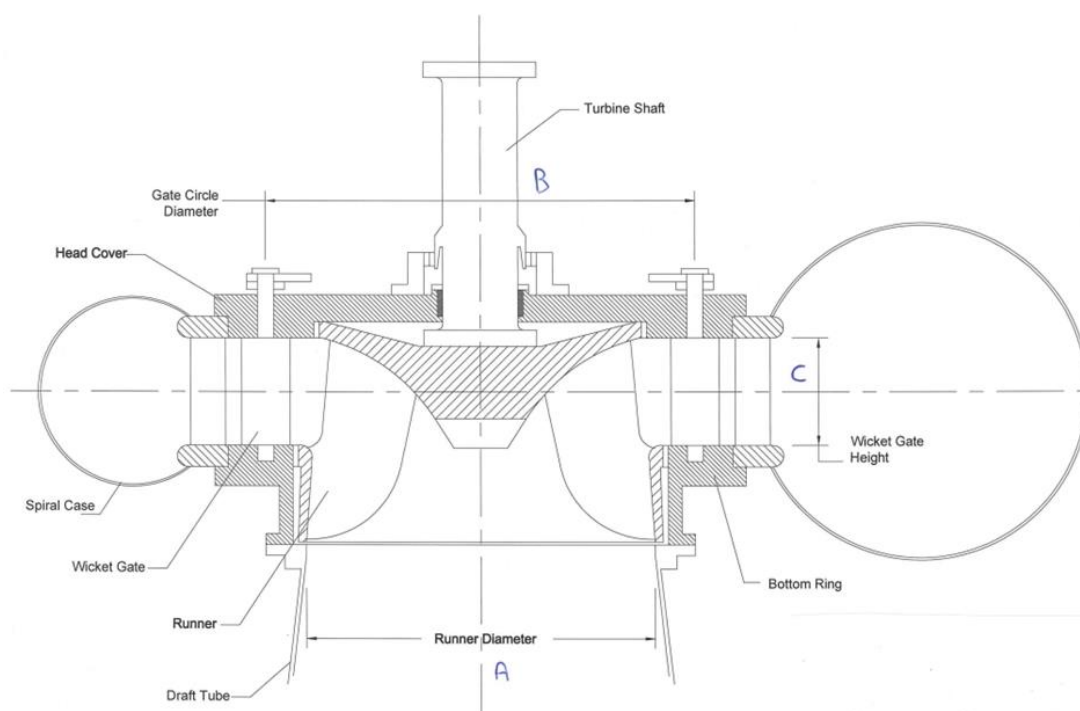


Figura 2: Macchina idraulica - schema dimensioni principali

A : 1'930 mm

B : 3'750 mm

C : 270 mm

Il livello della girante è pari a 333 m s.l.m..

6.2 Dimensioni principali della Cassa a Spirale

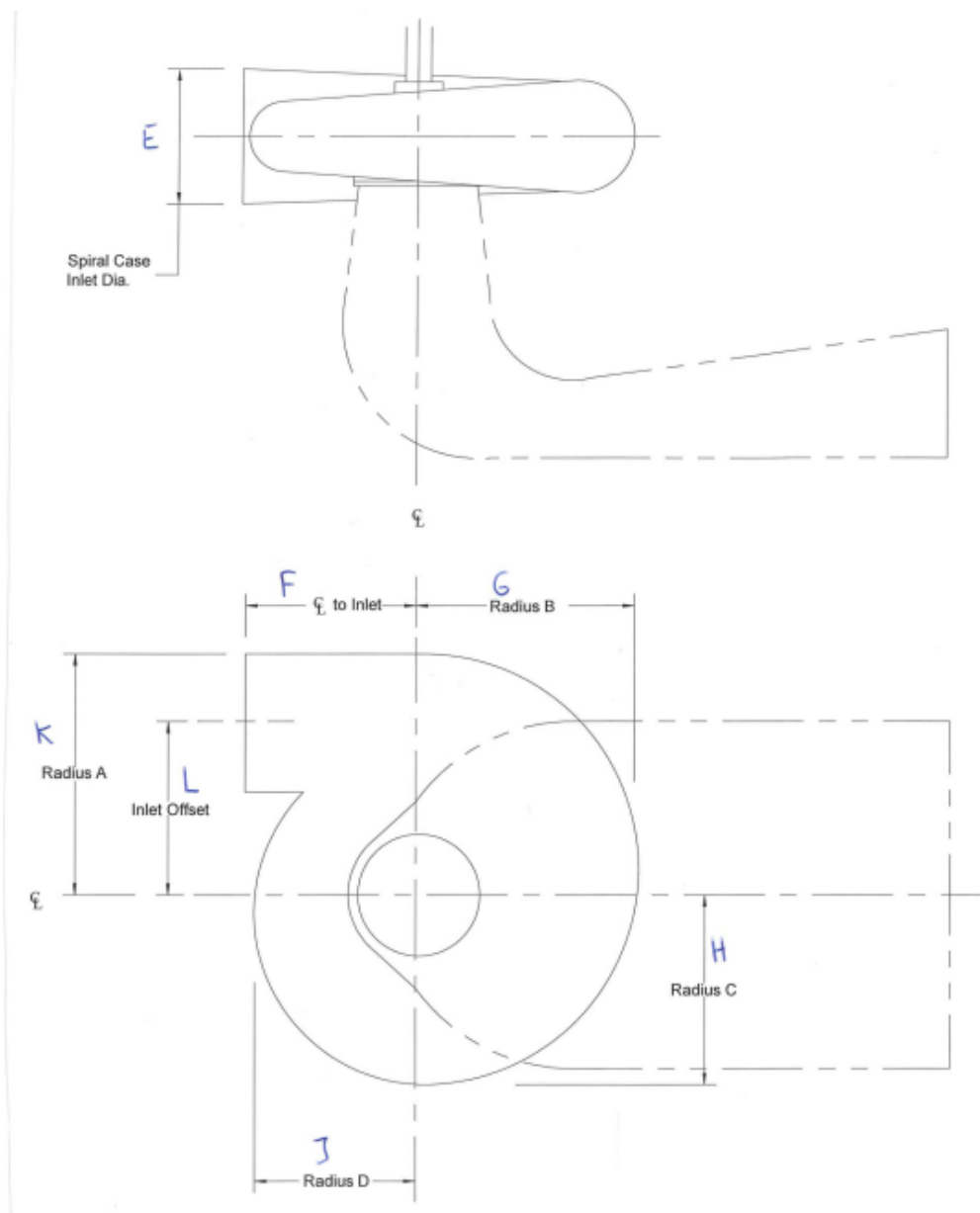


Figura 3: Cassa a spirale - schema dimensioni principali

E : 1'830 mm

F : 4'220 mm

G : 4'720 mm

H : 4'480 mm

J : 4'160 mm

K : 4'930 mm

L : 4'010 mm

6.3 Dimensioni principali di Cono e Diffusore

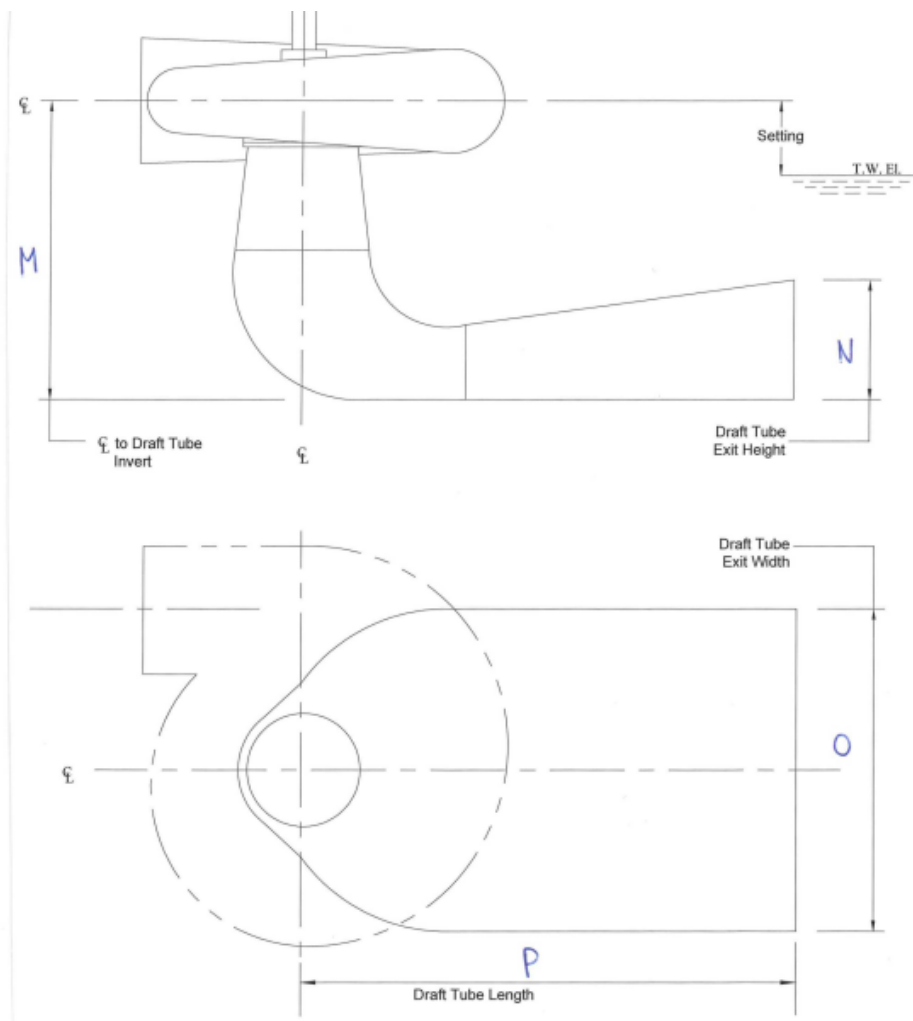


Figura 4: Cono e Diffusore - schema dimensioni principali

M : 6'350 mm

N : 3'470 mm

O : 5'800 mm

P : 9'250 mm

Per un raccordo conico con sezione circolare, la lunghezza sviluppata del cono sarà pari a circa 9'000 mm, mentre il diametro interno finale sarà pari a circa 3'800 mm.

6.4 Valvola di macchina di monte (lato alta pressione)

Rispetto all'asse della macchina, la valvola di monte (di tipo sferico) sarà posizionata a circa 6-8 metri di distanza.

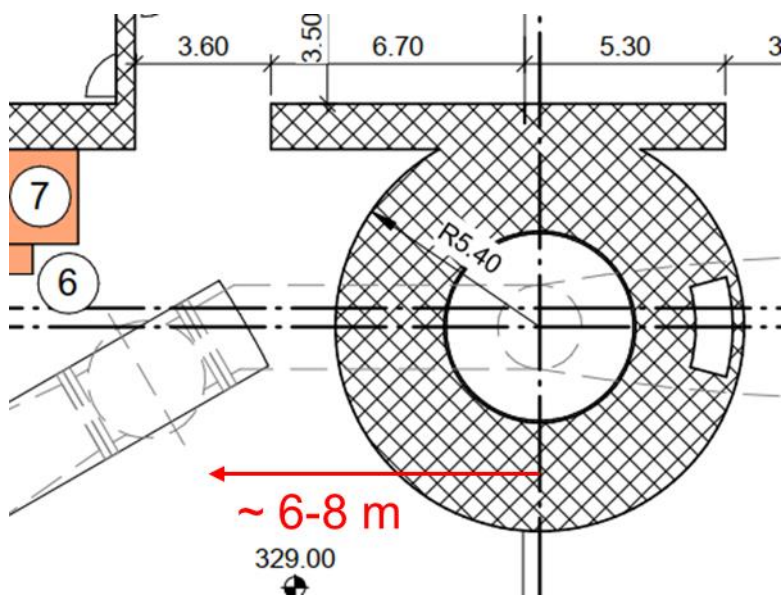


Figura 5: Valvola di monte (lato alta pressione) – posizione

6.5 Valvola di macchina di valle (lato bassa pressione)

La valvola di macchina di valle può venire installata direttamente sotto la pompa o traslata a valle rispetto alla sezione terminale del diffusore (vedasi **Figura 6**).

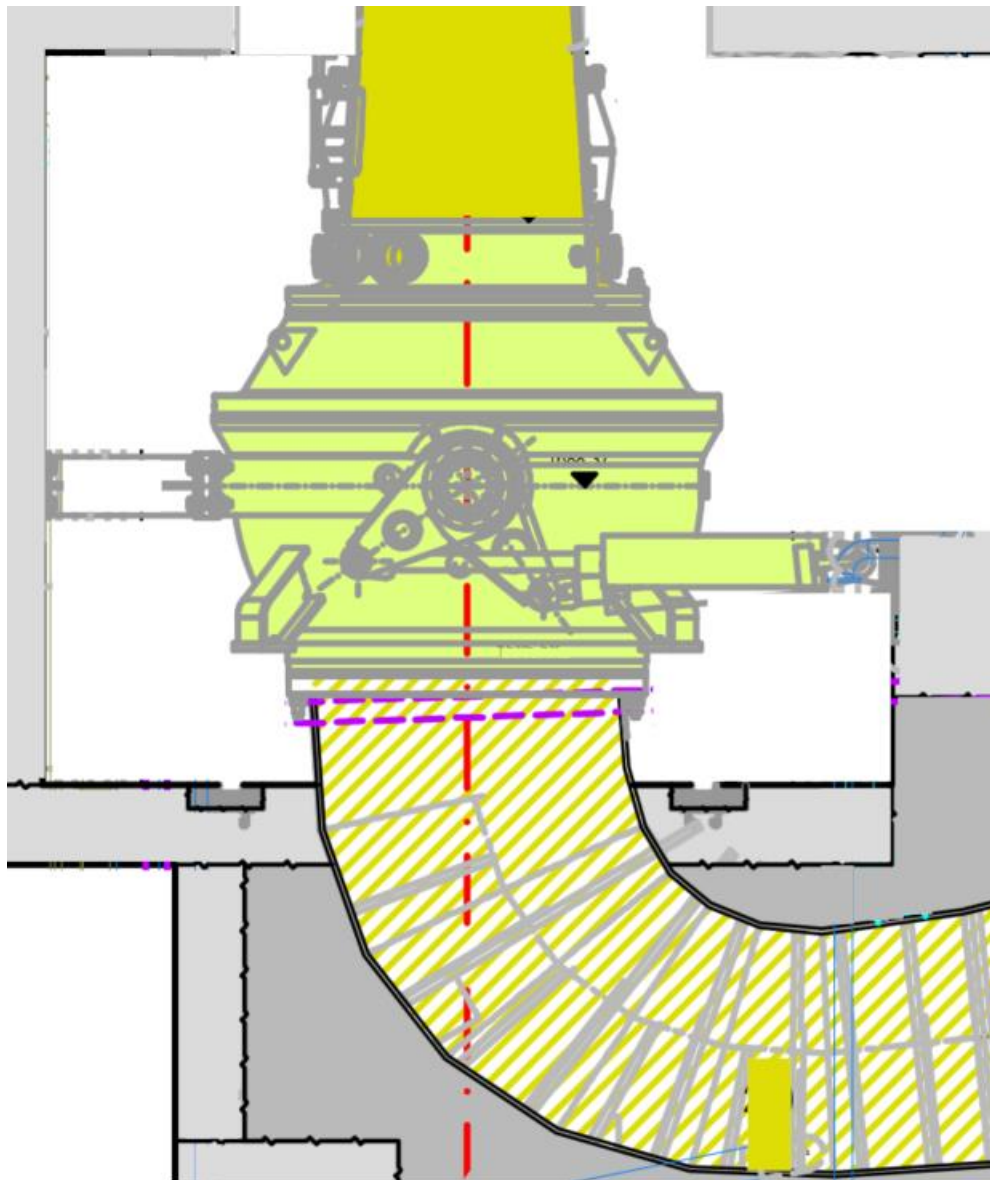


Figura 6: Valvola di valle (lato bassa pressione) – posizione.

Per ragioni di manutenzione, è stata scelta la soluzione con la valvola traslata (vedi figura successiva).

Rispetto all'asse della macchina, la valvola sarà posizionata a circa 8-9 metri di distanza, valore che il costruttore dovrà confermare. A causa della posizione di questa valvola è anche obbligatorio che questa sia una valvola sferica con apertura integrale di 2200 mm.

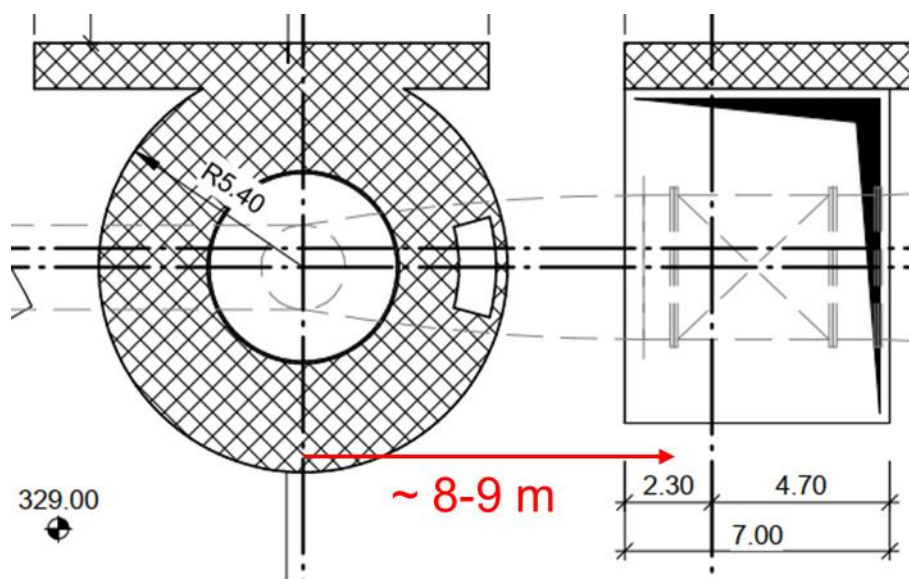


Figura 7: Valvola di valle (lato bassa pressione) – posizione rispetto ad asse macchina.

6.6 Caratteristiche e dimensioni principali del generatore

Le dimensioni principali (di predimensionamento) del generatore sono riportate nello schema in **Figura 8**: anch'esse da confermare da parte del fornitore.

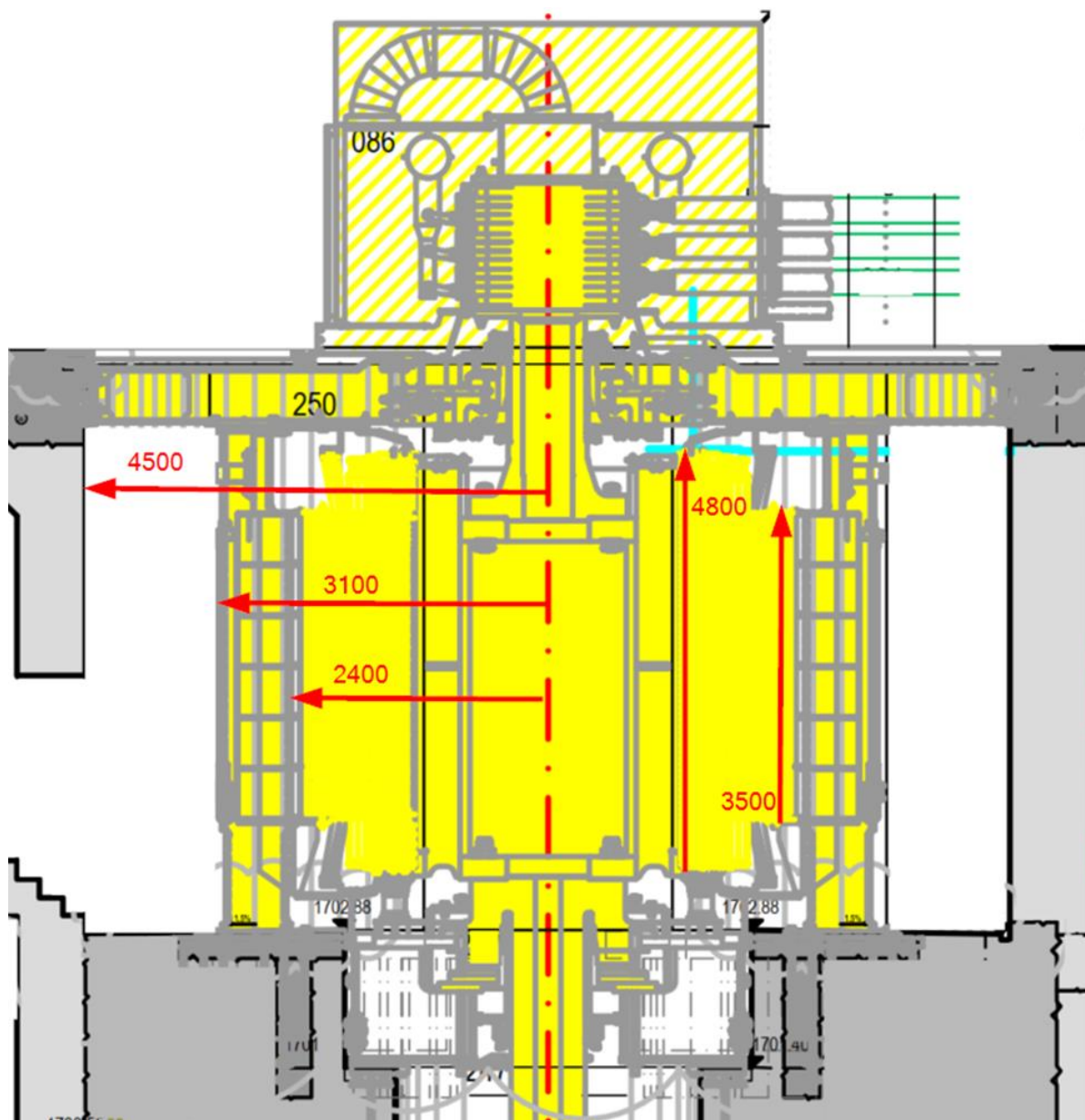


Figura 8: Generatore – schema dimensioni principali.

6.7 Caratteristiche e dimensioni principali del trasformatore di potenza

Non verrà installato alcun nuovo trasformatore di potenza destinato alla nuova pompa. Verrà pertanto utilizzato il trasformatore esistente del gruppo U6 (turbina Pelton), con l'inserimento di una commutazione di potenza in MT sull'esistente linea sbarre.

6.8 Caratteristiche e dimensioni principali dell'eccitazione statica

L'unità sarà del tipo a doppia alimentazione. Ciò significa che il motore sarà una macchina asincrona con un rotore avvolto trifase. Questo rotore sarà alimentato da un trasformatore a sei avvolgimenti, vedasi **Figura 9**.

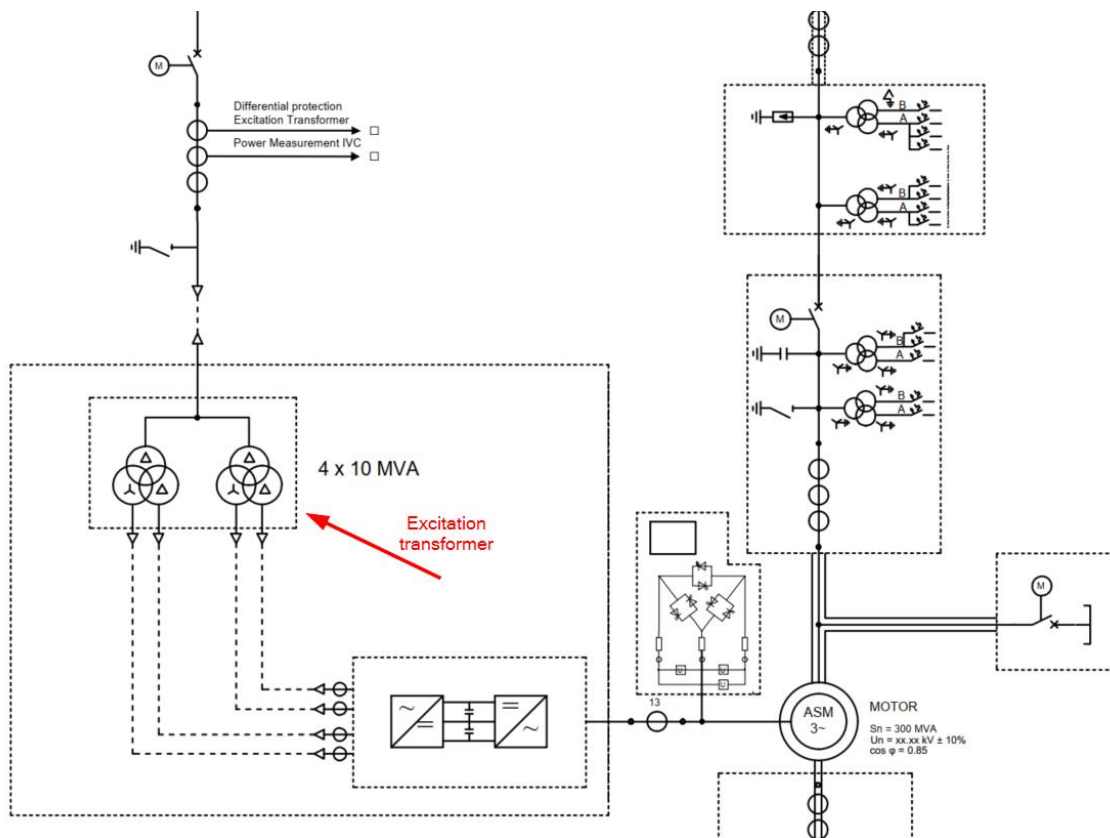


Figura 9: Eccitazione statica – estratto schema unifilare

Le dimensioni approssimative del trasformatore di eccitazione sono riportate in **Figura 10**.

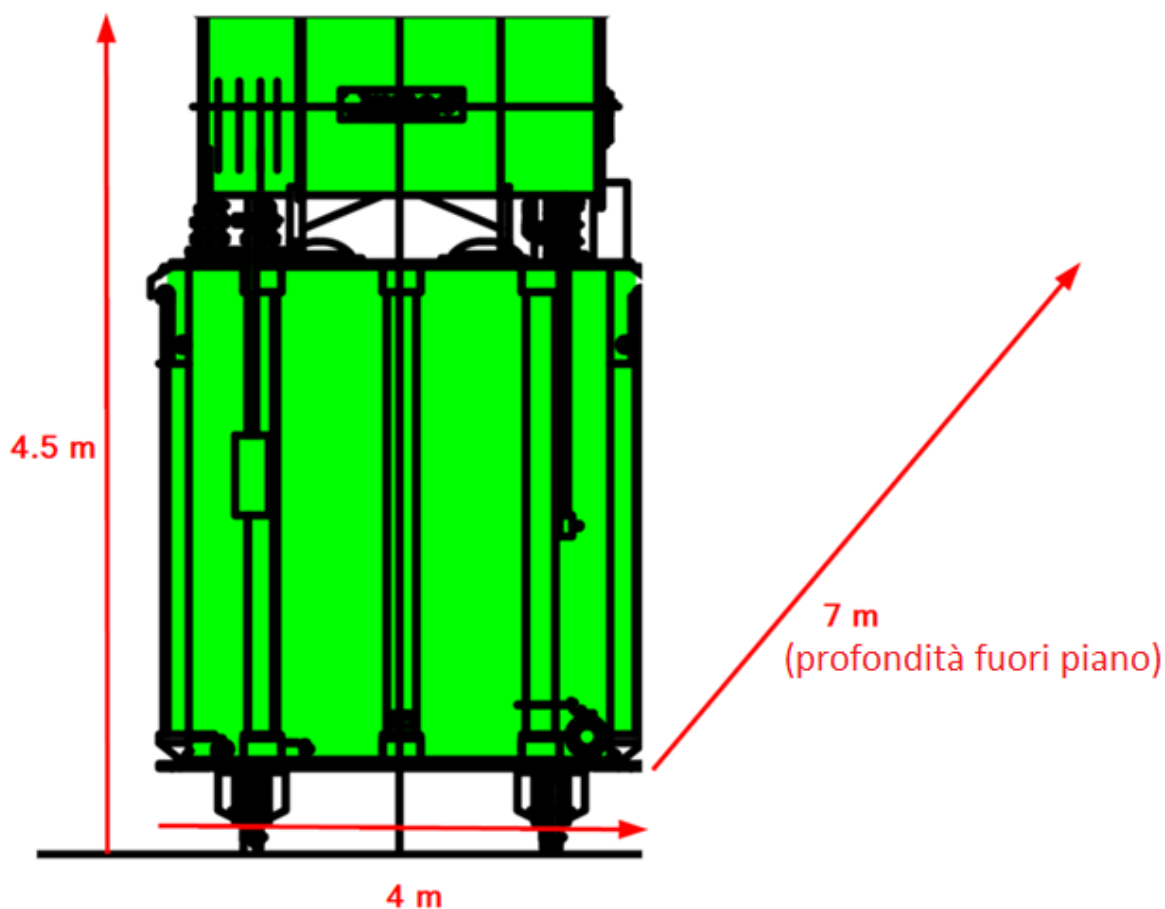


Figura 10: Eccitazione statica – dimensioni principali.

Il trasformatore verrà equipaggiato con un sistema di raffreddamento OFWF. Idealmente, il trasformatore dovrebbe essere installato vicino all'unità nella caverna, cosa che implicherebbe però una grande quantità di scavo e un sistema di estrazione dei fumi di dimensioni ragguardevoli. Poiché il trasformatore andrà a operare nel range di media tensione, è necessario verificare se è possibile installare un trasformatore a secco in resina (la potenza di 40 MVA è al limite di questa tecnologia).

6.9 Caratteristiche e dimensioni del convertitore statico di frequenza

Come già detto in precedenza, l'unità sarà a **doppia alimentazione** (Tecnologia DFIM). In questo caso, solo l'alimentazione del rotore (3 fasi) sarà fornita da un convertitore di frequenza. Il convertitore necessita di uno spazio approssimativamente delle seguenti dimensioni:

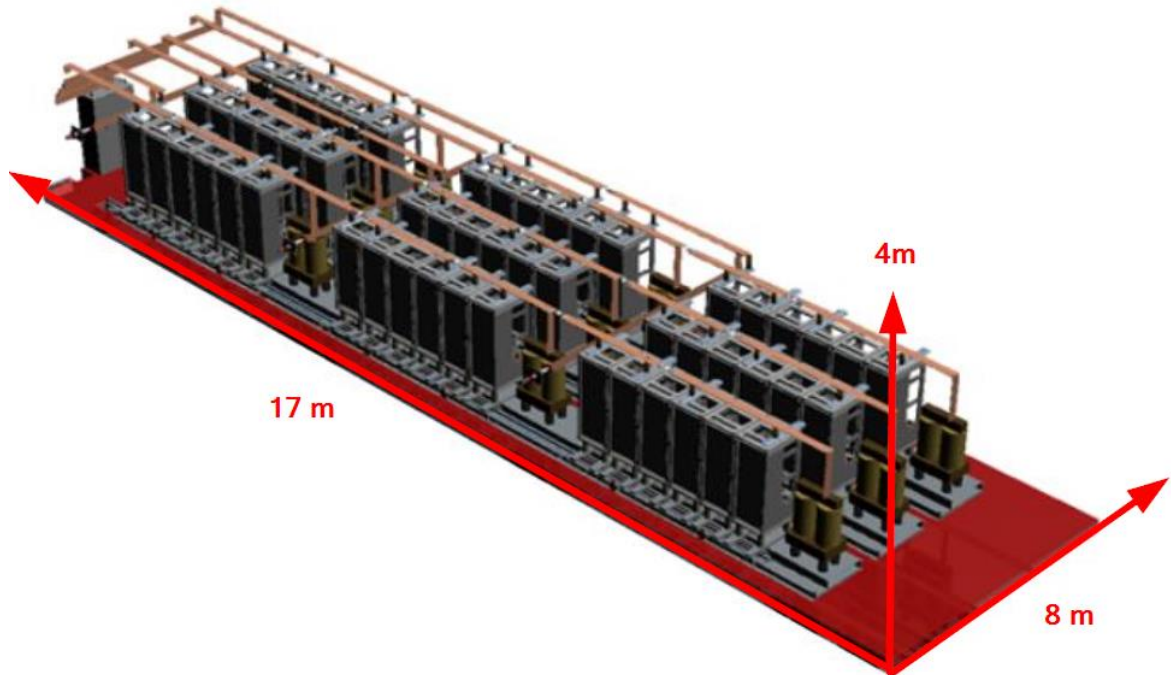


Figura 11: Convertitore statico di frequenza – schema dimensioni principali.

Il convertitore di frequenza sarà raffreddato con un sistema a circuito chiuso che utilizza acqua deionizzata come fluido vettore. Questo sistema sarà collegato al sistema di refrigerazione generale della centrale elettrica tramite 2 scambiatori.

Le dimensioni indicative di questo sistema sono riportate nella figura seguente:

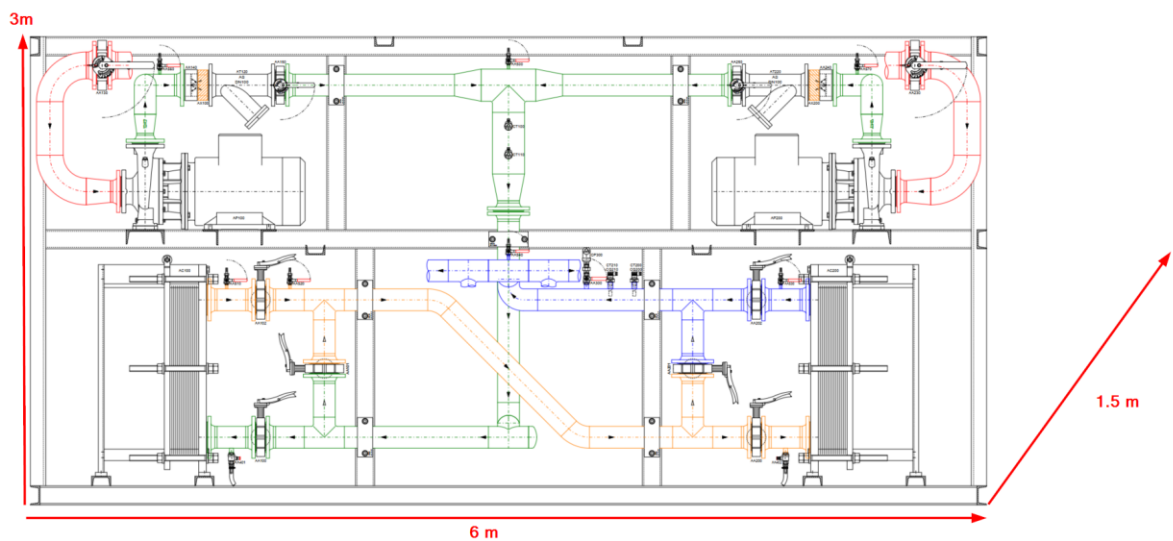


Figura 12: Sistema di raffreddamento convertitore di frequenza – schema dimensioni principali.

Il sistema di raffreddamento deve essere installato il più vicino possibile al convertitore di frequenza a quota 344.10 m s.l.m..

6.10 Caratteristiche e dimensioni dell'installazione MT

Il sezionatore di media tensione necessario per collegare lo statore e il rotore alle sbarre conduttrici sarà installato al livello 336.80.

Il tipo di dispositivo è illustrato in **Figura 13**.



Figura 13: Sezionatore di media tensione di alta potenza.

Questo materiale verrà installato all'uscita dello statore al livello 336.80, in un locale dedicato. Lo statore sarà collegato ai componenti di media tensione con una sbarra isolata in aria. A seguire vengono installati i componenti di media tensione (interruttori, sezionatori, sezionatori di terra, alimentazione del sistema di eccitazione, ecc.). Il collegamento alla cabina MT (con il sistema di commutazione tra turbina e pompa) sarà realizzato con una sbarra isolata in aria.

7. DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI AUSILIARI D'IMPIANTO

Le dimensioni delle apparecchiature secondarie e la relativa funzione (Sistema di raffreddamento, sistema di lubrificazione delle tenute dell'albero, sistema ad olio pressurizzato, armadi di controllo, drenaggi, svuotamento del gruppo, riscaldamento, ventilazione, acqua sanitaria, sistema elettrico, carroponete) sono illustrati in questo capitolo.

7.1 Sistema di raffreddamento

Il sistema di raffreddamento è costituito da:

- Un circuito primario, con prelievo e mandata di acqua da e verso il lato a bassa pressione dell'unità (tra il tubo di tiraggio e la valvola a bassa pressione).
- Uno scambiatore di calore a tubo (pressione 10 bar)
- Un circuito secondario a circuito chiuso (acqua con glicole).
- Un circuito terziario a circuito chiuso (acqua deionizzata) per i convertitori di frequenza (le dimensioni di questo sistema nel capitolo precedente)

Circuito Primario

Sarà un sistema a circuito chiuso dotato di un gruppo pompa (ridondante), un sistema di filtrazione e tutta la strumentazione necessaria per il suo utilizzo. Lo scambiatore sarà immerso in acqua viva come fonte fredda, a meno che sia possibile disporre di acqua sufficientemente pulita sull'aspirazione a bassa pressione da consentirne l'utilizzo diretto.

Circuito Secondario

Il circuito secondario sarà parimenti dotato di un gruppo motopompa (ridondante) e di tutte le attrezzature necessarie per il suo funzionamento (valvola manuale, valvola termostatica, vaso di espansione, attrezzature, ecc.). Ogni componente refrigerato (statore, alternatore, cuscinetti di macchina, regolazione, trasformatori, ecc.) sarà collegato a questa rete.

Circuito Terziario

Il convertitore di frequenza sarà dotato di un proprio sistema (terziario) a circuito chiuso, raffreddato dal circuito secondario.

L'eccitatrice statica è equipaggiata con un sistema di raffreddamento OFWF, e sarà collegata allo stesso circuito del generatore.

Sistema di estrazione

Per il sistema di estrazione (circuito primario) e il sistema secondario, lo spazio richiesto è: 10.5 x 3.0 x 3.0 m.

I singoli componenti da raffreddare sono collegati a questa unità tramite un distributore o collettore con un diametro di circa 200 mm e tubi in acciaio inossidabile più piccoli per l'alimentazione e la restituzione dei singoli utilizzatori.

Armadio di controllo

In prossimità del sistema di raffreddamento sarà installato un armadio di controllo locale, al livello 322.20 m s.l.m..

7.2 Sistema di lubrificazione e raffreddamento delle tenute dell'albero

L'acqua per l'alimentazione del sistema di lubrificazione e raffreddamento delle tenute dell'albero sarà derivata dal circuito di raffreddamento primario mediante una valvola riduttrice di pressione. Quest'acqua verrà filtrata prima di essere iniettata per garantire la lubrificazione e il raffreddamento della tenuta dell'albero.

Per questo sistema è necessario un componente con le seguenti dimensioni: 2m x 1m x 2m.

In prossimità del sistema di filtrazione sarà installato un armadio di controllo locale, al livello 322.20 m s.l.m..

7.3 Sistema ad olio pressurizzato

A seconda della configurazione della caverna, in questa fase del progetto si propone di installare:

- Una centralina oleodinamica per il controllo della valvola di macchina sulla derivazione ad alta pressione;
- Una centralina oleodinamica indipendente dalla precedente per il controllo della valvola di macchina sulla derivazione a bassa pressione.

Le valvole di macchina saranno dotate di contrappesi per garantire la chiusura di emergenza in assenza energia esterna.

I vari sistemi devono essere installati nelle immediate vicinanze dei componenti da controllare (valvole, distributore).

La dimensione di questi componenti sarà fortemente influenzata dalla pressione di manovra prevista.

Le dimensioni indicative per questi tre sistemi sono riportate in **Figura 14**. In prossimità di ogni sistema ad olio pressurizzato sarà installato un armadio di controllo locale, al livello 322.20 m s.l.m. per la valvola di bassa pressione e al livello 329.00 m s.l.m. per la valvola ad alta pressione.

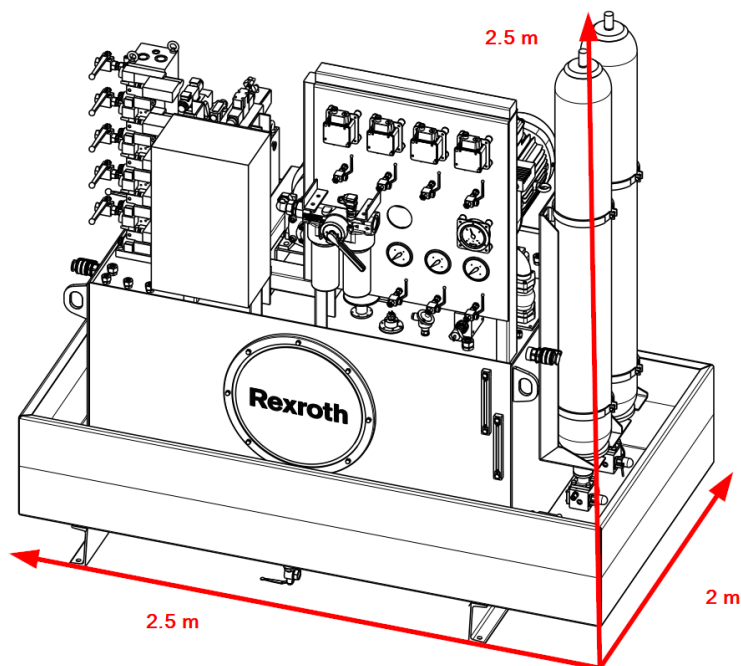


Figura 14: Centralina oleodinamica - dimensioni

7.4 Sistema di lubrificazione ad olio pressurizzato

Un'unità di lubrificazione con un proprio dispositivo di raffreddamento consente la lubrificazione di tutti i cuscinetti normali e reggispinta.

Questo sistema comprende il sistema di alimentazione in alta pressione per la lubrificazione del cuscinetto reggispinta.

Le dimensioni principali di questo sistema sono: 2,5 m x 2,5 m x 3,5 m: in prossimità sarà installato un box di controllo locale.

Questo sistema sarà installato vicino all'unità al livello 336.80 m s.l.m..

7.5 Armadi di controllo del processo e ausiliari elettrici

Ogni componente principale è equipaggiato di un proprio armadio di controllo locale.

Questo scomparto viene quindi collegato ai sistemi di controllo principali tramite sistemi di I/O remoti ed un cablaggio dati in campo.

L'armadio di controllo principale è installato in sala controllo situata al livello 350.40 m s.l.m..

Il sistema di batterie e i cubicoli elettrici ausiliari principali (compreso il trasformatore ausiliario) saranno installati al livello 336.80 m s.l.m..

7.6 Sistema di Drenaggio

La caverna deve essere dotata di un sistema di drenaggio e di un pozzetto di raccolta posto nel punto più depresso della caverna.

Questo sistema dovrebbe garantire che l'impianto non sia soggetto ad allagamento in nessuna circostanza.

L'acqua drenata viene trattata attraverso un sistema di disoleazione prima del recapito finale.

Le dimensioni del sistema (motore, pompe e valvole) sono approssimativamente 2.5 x 2.0 x 3.5 m.

Per il sistema di controllo, da installare alla quota di 322.20 m s.l.m., si prevede l'installazione di un quadro elettrico nelle vicinanze del pozzetto di sollevamento.

7.7 Sistema di svuotamento dell'acqua contenuta nel gruppo

Per consentire lo svuotamento dell'unità, è necessario predisporre un sistema pompaggio con relative tubazioni e valvole.

Il sistema destinato allo svuotamento ha dimensioni di 2,5 m x 2,5 m x 2 m.

Un armadio di controllo verrà installato in prossimità del sistema di svuotamento.

Le acque saranno canalizzate verso l'esterno della caverna, utilizzando la stessa condotta che porta le acque di drenaggio al disoleatore.

Il sistema di svuotamento verrà installato alla quota di 322.20 m s.l.m..

7.8 Carroponte

La parte più pesante è sicuramente il rotore completo. Il peso totale di questa parte è di circa 400 tonnellate.

Per facilitare il trasporto e l'installazione, il rotore sarà consegnato e montato in più parti.

Poiché il rotore non è a poli salienti, il circuito magnetico e l'avvolgimento saranno separati in più parti.

Dato che i componenti sono separabili, il carroponte avrà una capacità di sollevamento di circa 200 tonnellate.