

IMPIANTO IDROELETTRICO SUL TORRENTE "ALBERONE" COMUNE DI SAVOGNA (UD)

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO N. 2.3	RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE						
SCALA							
DATA APRILE 2016							
PROGETTAZIONE	 <p>Viale della Stazione n° 40 32035 Santa Giustina (BL) Tel: +39 0437 858 549 - 859 225 Fax: +39 0437 857 084 E-mail: info@zollet.eu</p>			IL PROGETTISTA	dott. ing. Lucio Zollet 		
PROPONENTE	 <p>Bagnoli della Rosandra n° 64 34018 San Dorligo della Valle / Dolina (TS) Tel: +39 040 245 72 93 E-mail: Sunex2.ts@gmail.com</p>			CONSULENTE			

	NOME FILE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	152_PD_2.3_RM_00	APRILE 2016	PROGETTO DEFINITIVO E S.I.A.	SEGAT	D'ESTE	ZOLLET

INDICE

1	PREMESSA	2
2	OPERE ELETTROMECCANICHE	4
2.1	LA TURBINA.....	4
2.1.1	Scelta della macchina.....	4
2.1.2	Caratteristiche dell'impianto.....	7
2.1.3	Rendimenti minimi in funzione della Portata.....	8
2.2	ORGANI DI INTERCETTAZIONE	9
2.3	PARATOIE	10
2.4	STRUMENTI DI MISURA	11
2.4.1	Sistema di controllo rilascio DMV	11
2.4.2	Misuratori di portata	15
3	SPECIFICHE TECNICHE	17
3.1	TURBINA	17
3.2	GENERATORE SINCRONO	18
3.3	IMPIANTI ELETTRICI	19
3.3.1	Schema generale di impianto	19
3.3.2	Apparecchiatura alla tensione di macchina	21
3.3.3	Trasformatore principale.....	21
3.3.4	Quadro MT principale ed allacciamento alla rete	23
3.3.5	Sistema di messa a terra	24
3.3.6	Servizi ausiliari.....	25
3.3.7	Sistema di protezione	26
3.4	SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE	27
3.5	CARRO PONTE.....	28
4	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	29

1 PREMESSA

Il presente progetto prevede la realizzazione di un impianto idroelettrico ad acqua fluente sul Torrente Alberone, in Comune di Savogna (UD).

La Figura 1 illustra la localizzazione geografica dell'area di intervento

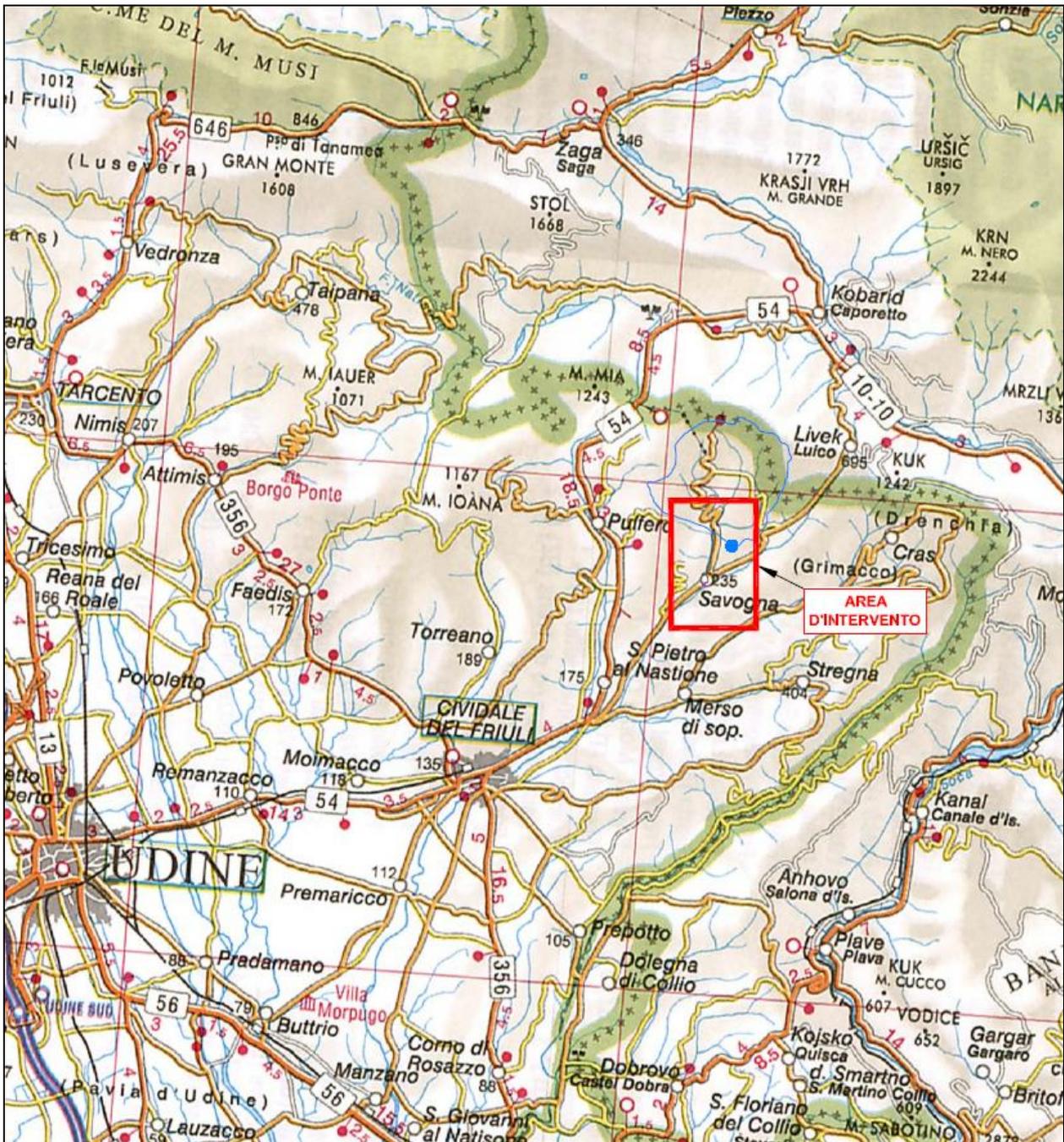


Figura 1: Localizzazione dell'area di intervento.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <i>RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE</i>	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	3 di 29

La progettazione di un impianto idroelettrico deve prevedere in aggiunta agli aspetti idrologici ed idraulici anche gli aspetti elettromeccanici legati alle macchine per la produzione dell'energia.

Nella presente relazione sono stati affrontati in via preliminare gli aspetti legati al dimensionamento delle turbine e degli organi ad esse collegate.

L'impianto, del tipo ad acqua fluente, sarà del tipo a derivazione laterale, ovvero con la soglia di derivazione posta lungo la sponda sinistra del torrente Alberone, a monte della traversa che verrà realizzata ex-novo.

La quota di derivazione è prevista a 345,50 m s.l.m.

Le parti che compongono la presa sono progettate al fine di:

- derivare fino a 798 l/s dal torrente, in ragione della portata in arrivo e delle esigenze di funzionamento dell'impianto;
- rilasciare a valle dell'opera di presa una portata non inferiore a quella di Deflusso Minimo Vitale pari a 93 l/s calcolato nel periodo primaverile-autunnale;
- garantire che il transito delle portate di piena sulla traversa avvenga in condizioni di sicurezza idraulica;
- consentire alle specie ittiche la risalita del torrente.

L'acqua dalla presa viene adotta fino alla centrale di produzione tramite una condotta forzata del diametro DN 600 mm e di lunghezza planimetrica di circa 1930 m. La restituzione delle acque derivate avviene nello stesso torrente a quota alveo 217,00 m s.l.m.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	4 di 29

2 OPERE ELETTROMECCANICHE

La centrale sfrutta un salto lordo di 124,00 m, che scende a circa 105,20 m a causa delle perdite di carico in condotta durante il deflusso della massima portata derivata pari a 798 l/s. Considerando anche le perdite in turbina, l'impianto riesce a fornire una potenza massima netta ai morsetti di circa 708 kW, garantendo il deflusso minimo vitale, avendo adottato un rilascio pari a 95 l/s.

La strumentazione elettromeccanica si suddivide fra le opere di presa, la condotta e la centrale di produzione, comprendendo tutti gli organi di:

- intercettazione, misura e regolazione della portata;
- conversione elettromeccanica dell'energia;
- strumentazione elettrica di centrale;
- controllo automatico;

In base all'andamento annuale delle portate derivabili e tenendo conto delle quote significative dell'impianto la soluzione impiantistica che è stata scelta impiega una turbina Pelton a 5 iniettori ed asse verticale, e connessa ad un alternatore sincrono a 10 poli (600 giri/min); altre soluzioni costruttive, facenti uso ad esempio di turbine Pelton ad asse orizzontale oppure di tipo Francis, non sono risultate praticabili a causa, rispettivamente, del valore elevato delle portate trattate e dell'andamento sfavorevole della curva delle durate.

L'installazione di una turbina Pelton presenta diversi aspetti positivi, fra i quali la semplicità costruttiva del gruppo generatore e la possibilità di lavorare con portate che scendono fino a circa il 10% della nominale, estendendo pertanto il periodo teorico utile di funzionamento all'intero anno; inoltre l'assetto verticale del gruppo macchine permette una diminuzione degli ingombri in pianta ed un miglioramento della situazione di carico dei supporti della linea d'albero.

Concludendo il gruppo di generazione sarà costituito da un'unica ruota Pelton a 5 getti accoppiata ad un generatore a 10 poli, entrambi ad asse verticale.

2.1 LA TURBINA

2.1.1 Scelta della macchina

Il sistema opera di presa - condotta forzata convoglia alla centrale di produzione una portata variabile durante l'anno, con valore massimo di 798 l/s ed medio di 267 l/s. Per il

dimensionamento della macchina si assume il valore di portata massima. Come già esposto nelle righe precedenti il salto netto disponibile è pari a circa 105.20 m.

I dati di progetto della turbina sono pertanto:

$$Q = 798 \text{ l/s}$$

$$H = 105.20 \text{ m}$$

La scelta del tipo di turbina da installare è funzione del *numero caratteristico di macchina*:

$$n_{eq} = \frac{n \cdot Q^{1/2}}{(g \cdot H)^{3/4}}$$

Dove:

Q è la portata massima in m^3/s

H è il salto idraulico netto in m

$g = 9,806 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità;

n = velocità di rotazione della turbina, espressa in giri/min.

la velocità di rotazione della turbina è legata al numero di poli dell'alternatore dalla relazione

$$n = \frac{120 \cdot f}{p}$$

dove

f = frequenza della rete (50 Hz)

p = numero di poli dell'alternatore.

Fissato il numero di poli $p = 10$ si ricava $n = 600$ giri/min da cui un numero caratteristico $n_{eq} = 0,049$. Utilizzando le relazioni riportate nella tabella seguente è stato definito il tipo di turbina che meglio si adatta alle caratteristiche dell'impianto, ossia una Pelton a 5 getti.

Pelton a 1 getto	$0.005 \leq n_{QE} \leq 0.025$
Pelton a n getti	$0.005 \cdot n^{0.5} \leq n_{QE} \leq 0.025 \cdot n^{0.5}$
Francis	$0.05 \leq n_{QE} \leq 0.33$
Kaplan, elica, bulbo	$0.19 \leq n_{QE} \leq 1.55$

Un preliminare dimensionamento della girante, può essere ottenuto applicando le seguenti relazioni che forniscono rispettivamente il diametro della circonferenza tangente ai getti, la larghezza della pala e il diametro degli ugelli:

$$D_1 = 0.68 \cdot \frac{\sqrt{H_n}}{n_{getti}} [m]$$

$$B_2 = 1.68 \cdot \sqrt{\frac{Q}{n_{getti}} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_n}}} [m]$$

$$D_e = 1.178 \cdot \sqrt{\frac{Q}{n_{getti}} \cdot \frac{1}{\sqrt{g \cdot H_n}}} [m]$$

Sostituendo nelle relazioni sopra riportate i valori caratteristici dell'impianto, ossia ad H_n il salto netto di 105.20 m, a Q il valore della portata massima derivabile di 0,798 m³/s e a n_{getti} il numero di getti precedentemente calcolato (5 getti), si ricava: $D_1=1.39$ m, $B_2 = 0.21$ m e $D_e = 0.083$ m.

Il numero di ugelli della turbina e i dati caratteristici dell'impianto da cui discendono le dimensioni della stessa hanno reso necessario l'impiego di una turbina ad asse verticale, come testimoniato in

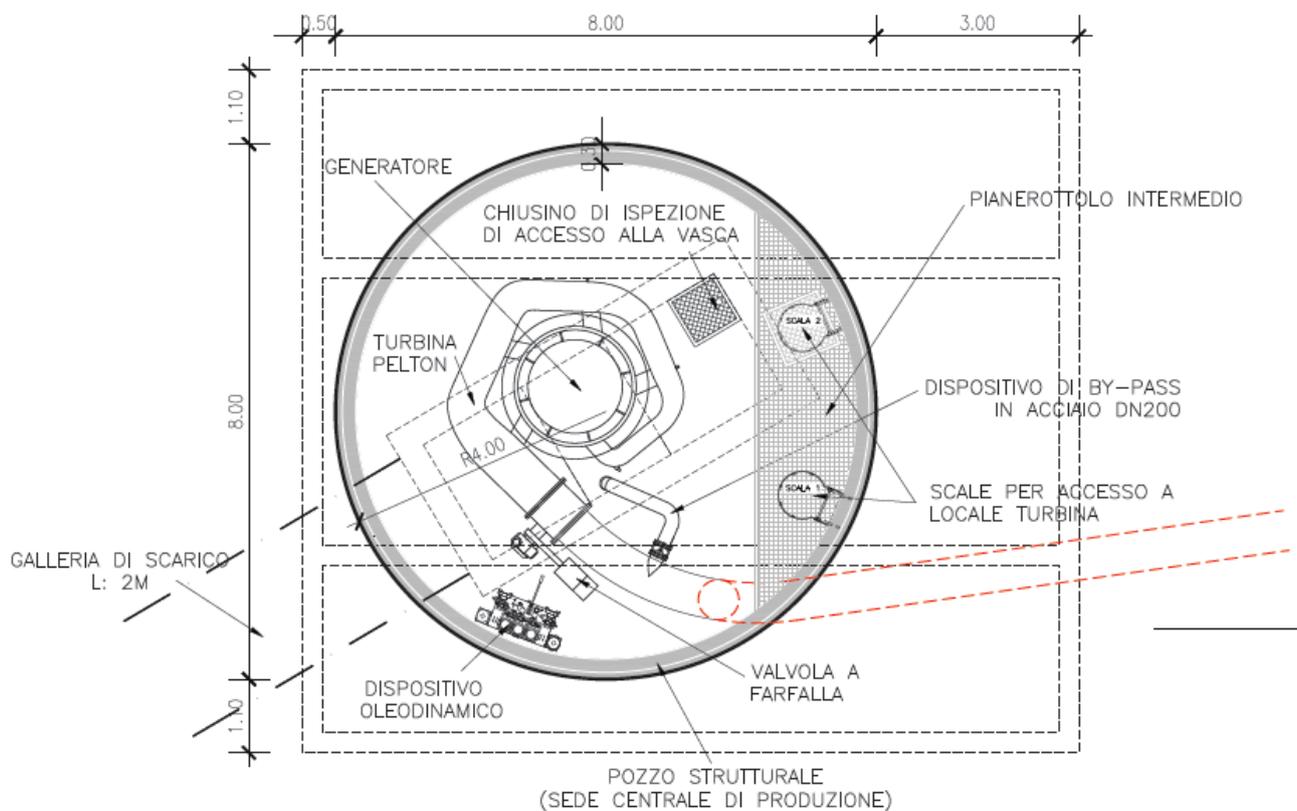


Figura 2 laddove si riporta la pianta dell'edificio della centrale di produzione.

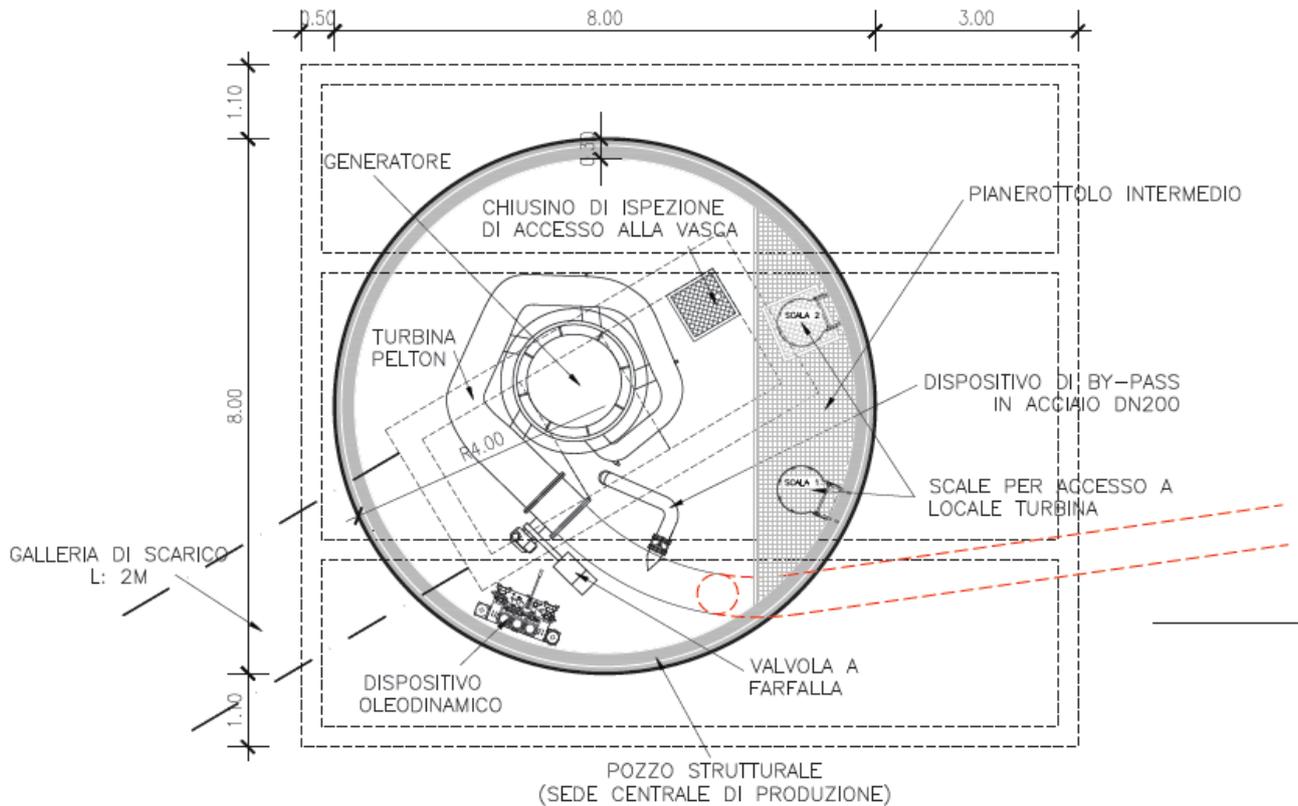


Figura 2 - Pianta della centrale di produzione

2.1.2 Caratteristiche dell'impianto

L'impianto avrà le seguenti caratteristiche principali:

Caratteristica	U.m.	Valore
$H_{statico}$	m	124,00
H_{netto}	m	105.20
Q_{max}	m ³ /s	0,798
N di esercizio	giri/min	600
P netta resa all'asse turbina	kW	708

Tabella 1: Dati di funzionamento della turbina Pelton.

2.1.3 Rendimenti minimi in funzione della Portata

Per le turbine Pelton il campo di funzionamento garantito dai costruttori va da 10/10 a 1/10 della portata nominale.

I rendimenti della turbina in funzione della portata turbinata, in prima approssimazione si potranno assumere pari ai valori di seguito riportati, tipici di impianti di questo tipo.

Q/Q_{max} [%]	Valore [%]
100	89,7
75	90.0
50	89,2

Tabella 2: Rendimenti attesi in funzione della portata massima.

2.2 ORGANI DI INTERCETTAZIONE

Gli organi di intercettazione sono destinati ad intervenire in caso il sistema automatico di controllo rilevi anomalie nel funzionamento dell'impianto, conseguenti a danni a componenti, ostruzione di sezioni di flusso o malfunzionamenti al distributore. Inoltre potranno essere attivati manualmente quando sia richiesto, ad esempio nelle fasi di manutenzione del gruppo macchine in centrale o della stessa condotta, fermando l'impianto e consentendo l'esecuzione dei lavori.



Figura 3: valvola a farfalla DN1200 installata presso l'ingresso in centrale

Si tratta di 2 valvole a farfalla, collocate una in testa condotta, di DN 600 e PN16, immediatamente a valle della vasca di carico, ed una in prossimità della centrale, di DN 600 e PN16, collocata a monte della flangia di imbocco del distributore della Pelton; entrambe saranno dotate di azionamento oleodinamico in apertura e a peso in chiusura: il peso sarà tarato per la chiusura in condizioni di massima portata e con rallentamento finale, per non generare pericolose sovrappressioni al piede della condotta (maggiori del 10% della pressione statica).

Tale valvola sarà dotata di una tubazione di by-pass in acciaio DN 200 mm da inserire subito a monte della valvola stessa. Tale tubazione collega direttamente la condotta forzata con la vasca di raccolta delle acque turbinate. Il by-pass è presidiato da una valvola automatica la quale si apre quando la pressione in condotta supera un certo valore proteggendo quindi, con lo scarico della portata, la condotta forzata dalle perturbazioni di colpo d'ariete.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	10 di 29

Il dispositivo di testa condotta potrà essere attrezzato con un dispositivo a palmola che attiva meccanicamente la chiusura nel caso di sovra portate conseguenti a rotture della condotta, andando quindi ad affiancare i misuratori di portata differenziali nella loro opera di controllo. A valle della valvola di testa si dovrà prevedere la presenza di un giunto di smontaggio per semplificare le operazioni di manutenzione.

2.3 PARATOIE

Le paratoie sono situate presso le opere di presa, e si suddividono in base all'impiego:

- Una paratoia di intercettazione d'emergenza di dimensioni 3,50 x 3,00 m, collocata fra lo sghiaiatore interno ed il dissabbiatore; motorizzata con azionamento elettrico, si chiude in automatico quando il sistema di controllo della centrale rileva l'ostruzione della luce di rilascio del DMV presso l'opera di presa stessa, di fatto bloccando l'afflusso di acqua alla vasca di carico, come meglio illustrato nel prossimo paragrafo.
- Paratoie ad azionamento manuale, la cui apertura avviene durante le fasi di pulizia e manutenzione dell'opera per consentire il lavaggio delle vasche di decantazione e sghiaimento:
 - Paratoia 0,75 x 0,80 m, presso lo scarico sghiaiatore primario;
 - Paratoia 0,60 x 0,80 m, presso la luce di lavaggio del dissabbiatore

Laddove il controllo di questi organi sarà automatico, avverrà secondo le modalità descritte nell'apposito paragrafo dedicato ai Sistemi di Controllo e Regolazione.

Sarà inoltre predisposta una paratoia orizzontale che, azionata dal sistema di controllo automatico dell'impianto ed alimentata attraverso un circuito, funzionante ad olio sintetico biodegradabile, modulerà la luce del DMV, in funzione delle specifiche condizioni idriche all'interno del torrente.

La paratoia in acciaio inossidabile, posizionata all'interno di un vano stagno posto a sinistra della briglia, scorre su guide ancorate alla struttura in calcestruzzo ed è azionata da un pistone oleodinamico alimentato attraverso olio sintetico biodegradabile. Un apposito sistema di trasduttori permetterà l'esatta individuazione della posizione della paratoia, al fine di conoscere in ogni istante il grado di apertura della stessa e, di conseguenza, la dimensione della luce di scarico. Il compressore e il serbatoio dell'olio saranno alloggiati, in un vano appositamente realizzato, al riparo dalle piene e dagli urti con il materiale trasportato dalla corrente. Tutto il sistema è infine controllato in remoto dal quadro comandi e dal sistema automatizzato alloggiati presso la centrale di produzione.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	11 di 29

La paratoia sarà alloggiata all'interno di un vano appositamente creato, al cui interno si potrà accedere dall'alto per le operazioni di pulizia e di manutenzione degli organi meccanici. La dimensione della paratoia sarà di lunghezza pari a 1,00 m e di altezza pari a 0,65 m.

2.4 STRUMENTI DI MISURA

La strumentazione di misura ha il compito di rilevare il corretto funzionamento del sistema di captazione e convogliamento in centrale dell'acqua destinata alle macchine; pertanto essa si compone di:

- una strumentazione di controllo della luce di scarico del DMV, situata all'opera di presa;
- un sistema differenziale di misura della portata in transito nella condotta forzata.

2.4.1 Sistema di controllo rilascio DMV

La strumentazione di controllo della luce di rilascio del DMV è costituita da uno stratigrafo a microonde che opera assieme ad un'asta mobile temporizzata per la misura dei sedimenti; la rilevazione congiunta da essi effettuata genera, in caso di ostruzione della luce stessa, un segnale che ordina l'immediata chiusura del sistema di captazione, il quale dovrà essere quindi ripristinato dopo le necessarie manovre di pulizia della luce stessa.

Lo stratigrafo è preposto alla misura dello spessore di sedimenti e del livello idrico a tergo dell'apertura per il rilascio del DMV. L'elettronica trasmette attraverso la sonda ad asta ($\varnothing = 6-16$ mm) degli impulsi ad alta frequenza ($0 \div 2$ GHz) che scorrono sulla sonda e vengono riflessi dalla superficie del materiale, ricevuti e analizzati dall'elettronica, ritardati del tempo che hanno viaggiato. Ottenuto il profilo dell'eco riflesso si individuano i picchi di segnale che corrispondono alle superfici di separazione solido-liquido e su questi si impostano anche le misure dei relativi livelli (cfr. Figura 4).

L'asta mobile temporizzata è posizionata subito a monte della luce di scarico del DMV, quest'ultima ricavata all'interno del corpo della traversa, posizionata a 345,20 s.l.m.

Questo strumento è preposto alla misura, ad intervalli di tempo regolari, dello spessore dei sedimenti medio-fini ($0,5 \div 5$ cm), non trattiene dai bacini di sghiaimento primario di monte, che vanno man mano a depositarsi sul fondo di questa canaletta che può essere quindi assimilata ad un bacino di sghiaimento secondario. Quando il livello dei sedimenti raggiunge un valore limite che corrisponde alla quota di sfioro dell'apertura DMV (345,20 m s.l.m.), lo strumento è in grado di segnalarlo all'unità centrale di gestione.

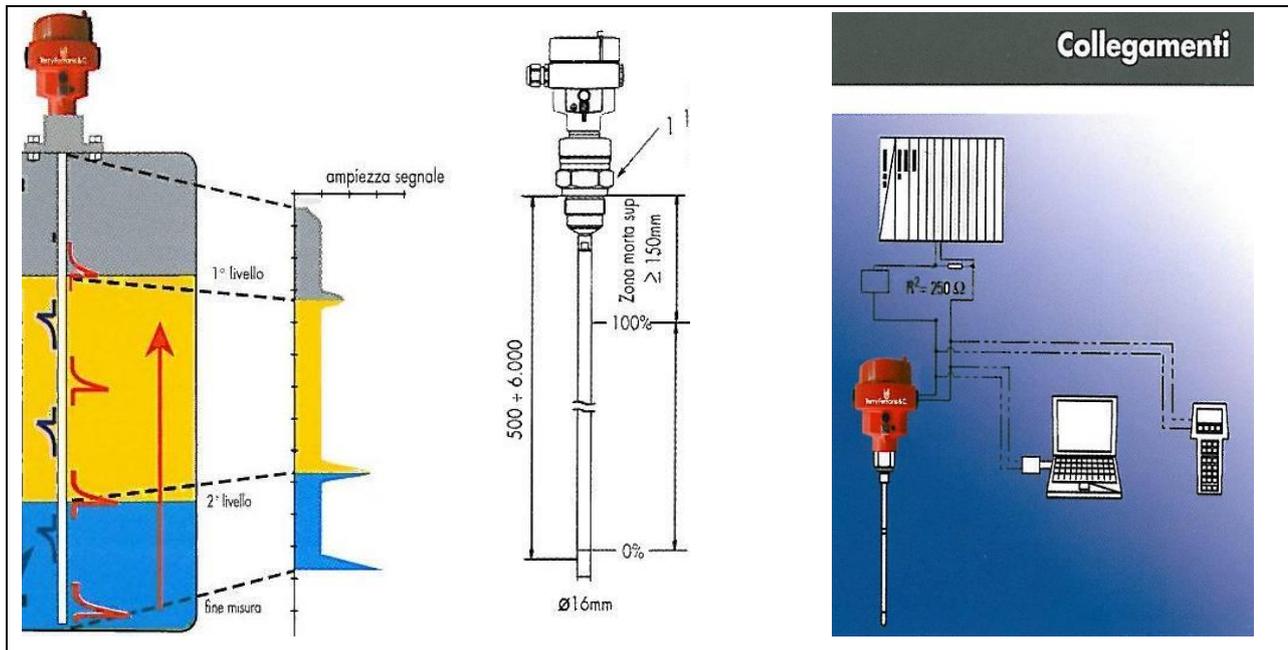


Figura 4: Stratigrafo a microonde guidate su asta rigida.

Lo strumento è di semplice ed efficace funzionamento. Un'asta rigida è libera di scorrere verticalmente all'interno di un controtubo in acciaio blindato ed immerso alla struttura in calcestruzzo dell'opera di presa, la meccanica del movimento è realizzata da un motore elettrico, posizionato sopra il livello di massima piena, con funzionamento temporizzato regolabile, accoppiato ad un trasduttore meccanico che trasforma il movimento rotatorio dell'asse del motore in movimento verticale alternato dell'asta. Il motore elettrico è collegato poi ad una centralina di comando munita di un contagiri che rileva il numero effettivo di giri dell'asse del motore durante ogni operazione di misura, che corrisponde quindi all'avanzamento verticale dell'asta.

Tutta l'opera di presa viene controllata da un sistema automatico di gestione che utilizza gli strumenti di misura descritti in precedenza (Figura 6).

Una centralina unica di controllo è collegata ai due strumenti di misura (asta mobile e stratigrafo) ed al motore della paratoia di intercettazione della derivazione. Tutto il sistema (motori e strumenti) è alimentato elettricamente e telecontrollato dalla centrale.

L'asta mobile temporizzata rileva e trasmette in centrale il livello dei sedimenti sulla canaletta di monte alla luce DMV e contemporaneamente lo stratigrafo misura in continuo il livello idrico a tergo della luce ed anche il livello dei sedimenti che può essere accoppiato con la misura fatta dall'asta mobile per una sorta di verifica incrociata.

Schema funzionamento asta mobile temporizzata per rilevamento presenza sedimenti imbocco canaletta DMV

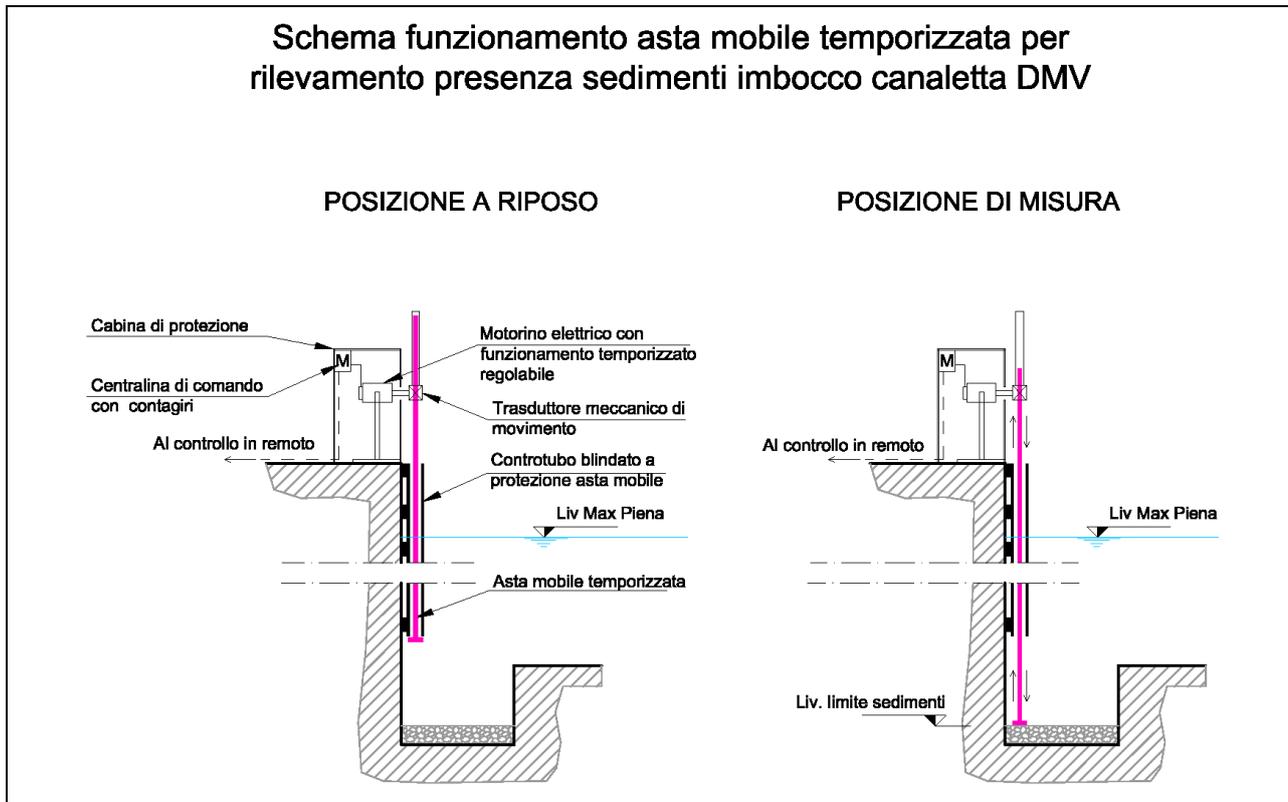


Figura 5: Asta mobile temporizzata.

Quando il livello dei sedimenti raggiunge la quota di imposta della luce DMV (345,20 m s.l.m.) il sistema trasmette subito un allarme in centrale e contemporaneamente comanda la chiusura automatica della paratoia motorizzata di intercettazione della derivazione (sulla soglia del dissabbiatore).

In questo modo quindi l'opera di presa cessa di derivare e le portate in arrivo vengono fatte defluire liberamente sulla traversa (torrente), fino all'intervento di pulizia del personale preposto e il ripristino della normale funzionalità della derivazione e della luce DMV.

La logica di funzionamento del sistema può essere sinteticamente descritta come nella tabella seguente:

Livello sedimenti a monte luce DMV	Status centrale	Status luce DMV	Status paratoia derivazione	AZIONE
< Liv. limite	In funzione	Libera	Aperta	Monitoraggio in remoto livello sedimenti a tergo luce DMV
≥ Liv. limite	Blocco automatico	Ostruita	Chiusura automatica	Pulizia immediata intera opera derivazione e ripristino normale funzionalità

Tabella 3: Funzionamento del sistema di controllo e gestione luce del DMV.

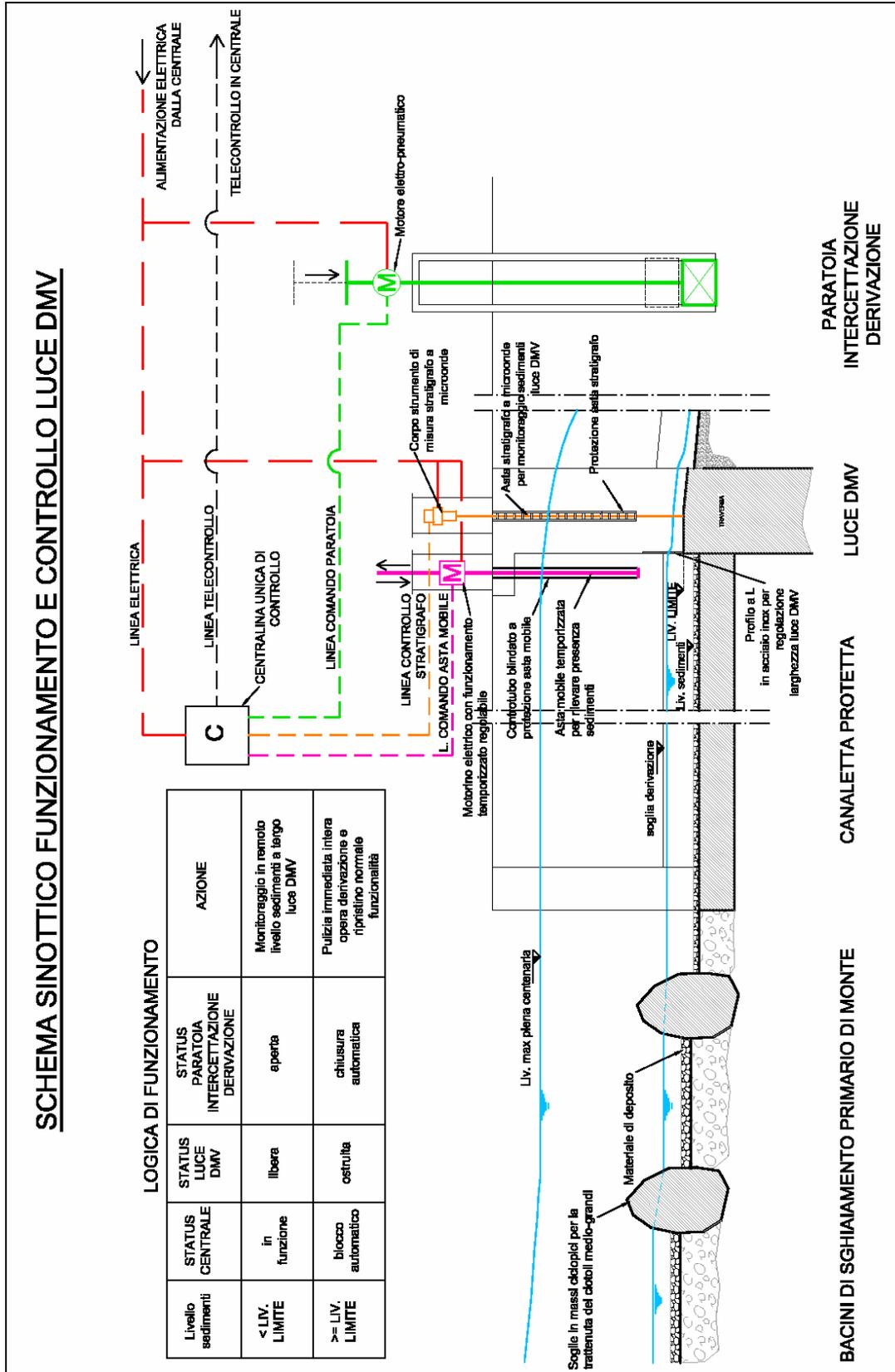


Figura 6: Sistema automatico di controllo e gestione opera di presa e luce DMV

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	15 di 29

In maniera del tutto analoga viene controllata anche la paratoia orizzontale di modulazione della luce del DMV. La paratoia viene azionata in maniera automatica per ottimizzare l'uso della risorsa idrica disponibile. Infatti, all'aumentare del livello idrico nel torrente aumenta anche la portata derivata dalla soglia di presa. In tale condizione attraverso la soglia di rilascio del DMV transita una portata sensibilmente maggiore a quanto previsto, con la conseguenza di limitare la disponibilità di acqua derivata e non rendere, di conseguenza, l'impianto economicamente vantaggioso. La regolazione avviene in maniera automatica in modo tale da mantenere sulla soglia sfiorante un livello idrico necessario per il rilascio della portata minima di DMV valutata in 95 l/s.

La paratoia orizzontale andrà a chiudere parzialmente il varco del DMV all'aumentare del livello idrico, della porzione necessaria per continuare a fare defluire sempre la portata del DMV calcolato. La paratoia sarà predisposta di fermi piombati per evitare che possa chiudere maggiormente il varco, rispetto al valore massimo di chiusura calcolato con la legge dello stramazzo:

$$Q = C'_Q \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dove

C'_Q è il coefficiente di portata, variabile in funzione delle condizioni del deflusso (parete sottile, parete grossa, contrazione laterale ecc...),

B è la larghezza della luce,

h è l'altezza del tirante sopra la soglia.

Il sistema sarà inoltre tarato in fase costruttiva, per avere conferma dei calcoli sperimentali.

Quindi nel caso in cui il livello sulla soglia risulti inferiore al livello idrico calcolato la paratoia viene completamente aperta per consentire all'intera luce di funzionare liberamente. Nel caso in cui anche questo intervento non risulti sufficiente, il sistema di controllo avvia la procedura di allarme ed interrompe la derivazione chiudendo la paratoia principale all'interno del manufatto.

In tal modo tutta la portata in arrivo nel torrente può transitare attraverso la luce di rilascio del DMV e attraverso la gaveta della briglia, in attesa che l'intervento dei tecnici preposti ripristini le condizioni di funzionamento ordinarie.

2.4.2 Misuratori di portata

I misuratori di portata sono collocati sulla condotta forzata, uno subito a valle dell'imbocco, presso l'opera di presa (DN 600, sulla condotta in PRFV), ed un secondo in centrale a monte della valvola di intercettazione (DN 600, su condotta in PRFV); essi dovranno essere posizionati

a non meno di 5 diametri della condotta dalle più vicine anomalie (gomiti, valvole d'intercettazione ecc.) della tubazione lato monte e non meno di 2 diametri lato valle.

Si fa uso di misuratori di portata elettromagnetici, ampiamente collaudati per questo genere di applicazioni, impiegandoli in modalità differenziale: essi misurano la portata istantanea fluente in condotta presso le due sezioni suddette, convertendo in segnale elettrico la misura; elaborando poi in centralina la differenza dei due segnali; ad un'eventuale rottura della tubazione si riscontra una differenza – fra il segnale di testa condotta e quello di centrale – non nulla; il sistema di controllo e regolazione provvederà allora all'azionamento degli organi di intercettazione, in modo tale da arrestare la centrale, ed alla segnalazione dell'incidente.

Tutta la componentistica elettronica possiederà grado di protezione non inferiore ad IP65.



Figura 7: Misuratore di portata elettromagnetico (in azzurro) installato su tubazione.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.do c
		Pag	17 di 29

3 SPECIFICHE TECNICHE

3.1 TURBINA

La turbina di impianto si compone delle seguenti parti principali:

- Cassone della turbina in lamiera saldata con scudi di rinforzo in corrispondenza delle zone colpite dal getto deviato dal tegolo in fase di chiusura rapida, e schermi paraspruzzi atti ad evitare l'interferenza degli spruzzi con la ruota nella parte superiore del coperchio, flange di rinforzo e centraggio dei supporti di guida , attacchi per la tiranteria dei deviatori, staffe di ancoraggio al pavimento.
- Iniettore, munito di servomotore di comando, con sensori per l'indicazione della posizione della spina. L' asta della spina, la spina ,come pure il bocchello, saranno in acciaio inossidabile.
- Ruota Pelton in acciaio inox GX5 Cr Ni 13/4 fusa in un solo getto, lavorata di macchina e rifinita di mola all'interno dei cucchiai con riscontro dei profili idraulici mediante sagome (almeno 3 per i cucchiai ed una a pettine per l'imbocco). Equilibrata staticamente. Scabrezza: interno max 2 micron , esterno max 5 micron.
- Tegolo deviatore del getto, in acciaio inox, avente la funzione di intercettare rapidamente il getto in caso di manovra rapida di chiusura, consentendo la chiusura opportunamente ritardata della spina dell'introduttore in modo da evitare le sovrappressioni in condotta che deriverebbero da rapide variazioni dei regime idraulico.

La turbina sarà dotata di una centralina oleodinamica idonea a comandare le manovre di apertura, chiusura e regolazione della spina del distributore e dotata di una riserva di energia, mediante accumulatore ad azoto, sufficiente per garantire la chiusura di emergenza anche in caso di completa mancanza di alimentazione ai servizi ausiliari a partire dalla condizione più sfavorevole (minima pressione di esercizio della centralina oleodinamica, che dà luogo all'avviamento pompa).

Tutto il macchinario rotante sarà rispondente alla Direttiva Macchine 89/392 della CEE nonché alle Norme del UNI 10242, ISO R 1680 (rumorosità) e alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e Raccomandazioni IEC (International Electrical Committee) applicabili alle singole macchine.



Figura 8 : centrale attrezzata con una turbina Pelton a 5 getti ed asse verticale.

3.2 GENERATORE SINCRONO

La turbina si collega ad un generatore sincrono di tipo “Brushless”, ad asse verticale, idoneo ad essere accoppiato direttamente alla girante e supportato da cuscinetti a rotolamento.

Il sistema di eccitazione sarà del tipo così detto senza spazzole (Brushless), consistente nel realizzare la produzione della corrente continua di eccitazione direttamente nel rotore stesso del generatore, attraverso avvolgimenti ausiliari e raddrizzatori statici, che ruotano come l'indotto di una dinamo, i quali possono alimentare i poli del generatore senza bisogno delle spazzole.

Nella seguente Tabella sono riportate le caratteristiche principali del generatore.

Caratteristica	Valore	U.m.
Potenza nominale	900	kVA
Tensione	690	V
Velocità	600	giri/min
P resa all'asse turbina	708	kW
Numero di poli	10	--
Grado di protezione	IP23	--
Fattore di potenza (cos φ)	0,8	--
Raffreddamento	a circuito aperto	
Protezioni	2 x 3 PT 100 in cava, più 2 PT 100 nei cuscinetti	

Tabella 4 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche generali del generatore

3.3 IMPIANTI ELETTRICI

Di seguito si descrive l'insieme delle apparecchiature e delle opere elettriche ed elettroniche necessarie per la realizzazione dell'impianto idroelettrico sul torrente alberone in comune di Savogna (UD).

In particolare sono descritte le caratteristiche generali delle seguenti parti di impianto:

- apparecchiature elettriche direttamente collegate al generatore, alla stessa tensione di generazione (montante di macchina);
- gli impianti di trasformazione e trasporto dell'energia elettrica;
- gli impianti elettrici di servizio;
- l'impianto di messa a terra;

Tutta la componentistica e l'attrezzatura elettrica dovrà essere conforme con le normative attualmente vigenti per questo genere di installazioni.

3.3.1 Schema generale di impianto

La configurazione elettrica è indicata nell'allegato schema unifilare di principio (vedere Figura 9), che è stato suddiviso in riquadri, ciascuno dei quali è rappresentativo di una delle parti di impianto sotto descritte.

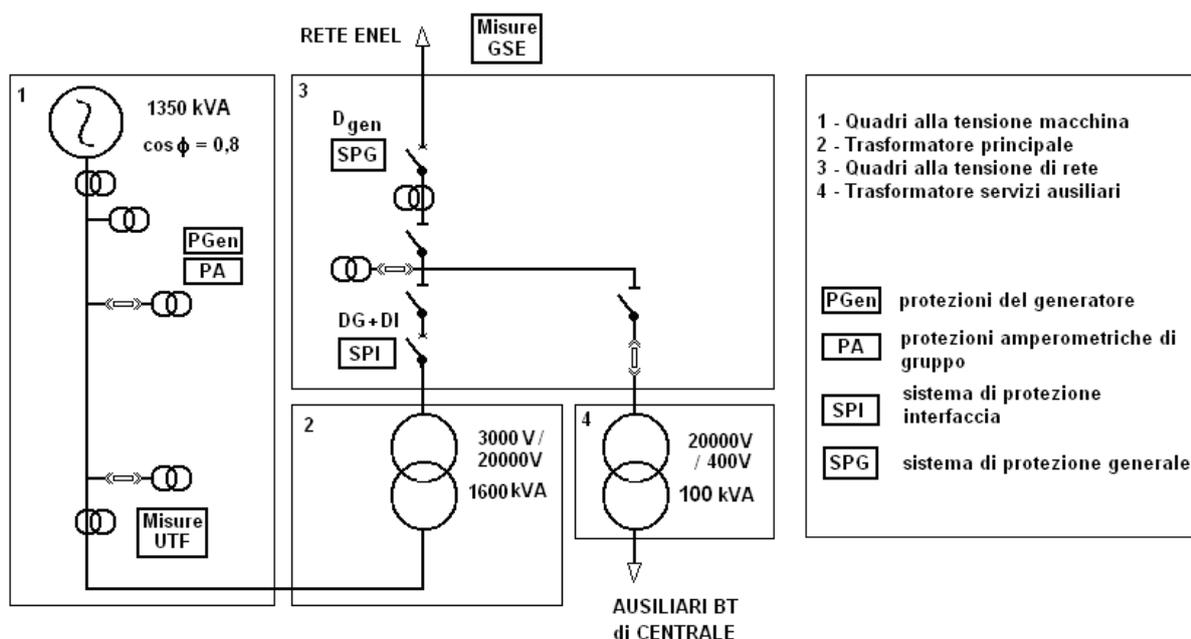


Figura 9: Schema unifilare d'impianto

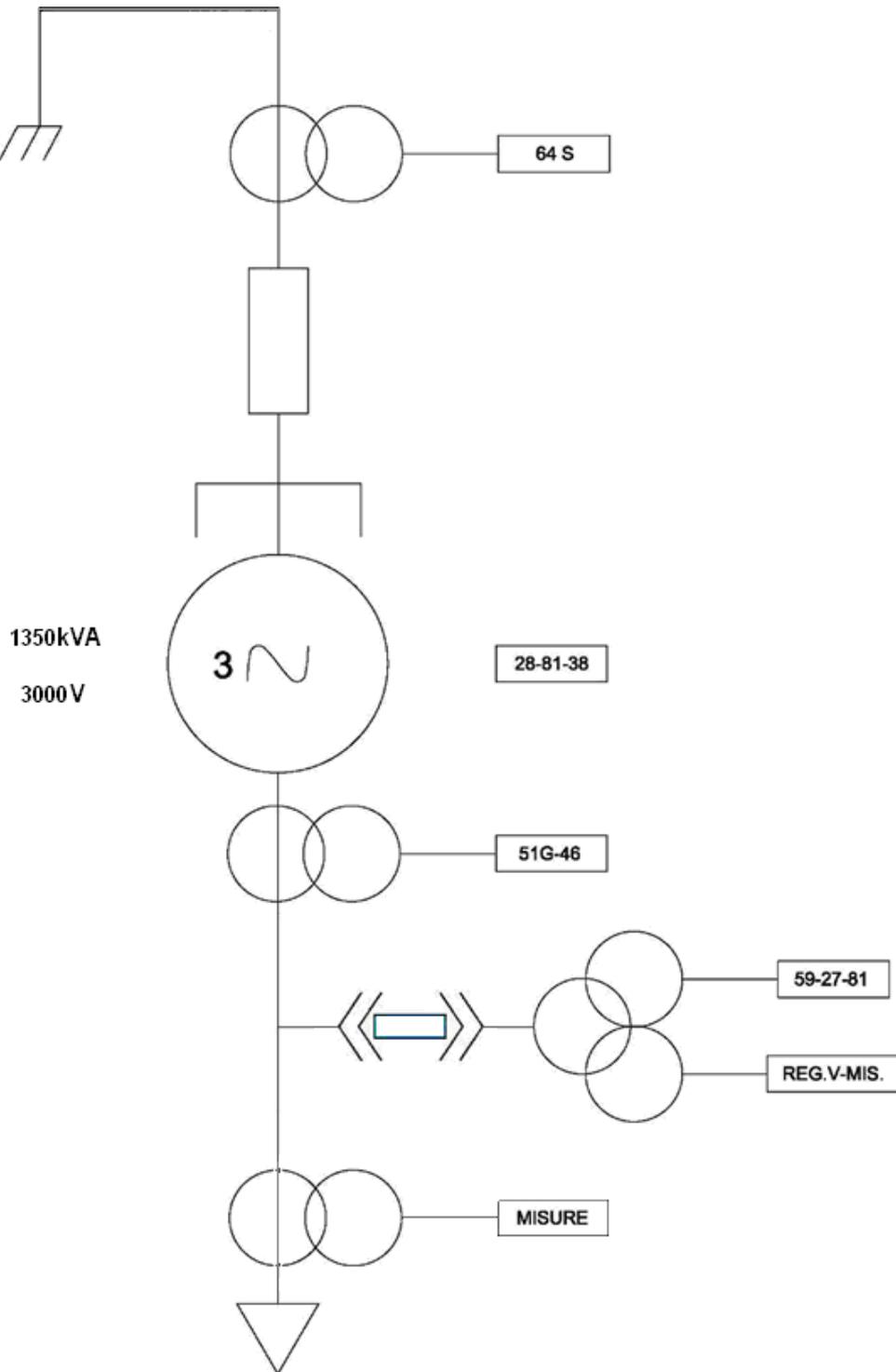


Figura 10: Riquadro 1. generatore

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	21 di 29

3.3.2 Apparecchiatura alla tensione di macchina

Il collegamento fra i morsetti del generatore e il quadro protetto contenente le apparecchiature di manovra e misura, (riquadro 1 dello schema citato, vedere Figura 9 e Figura 10) sarà fatto mediante cavi unipolari, schermati, sotto guaina in PVC (sigla RG7H1R) aventi grado di isolamento 8 kV, posati in cunicoli o su passerelle metalliche.

Il quadro alla tensione di generazione, (riquadri 1 e 2 dello schema vedere) sarà un quadro protetto, isolato per la tensione nominale di 8 kV, con grado di protezione IP 3x, rispondente alle norme CEI 17-6 (CEI EN 60298), in cui si collocheranno la cella dei trasformatori di misura TA e TV, dedicati alle misure UTF ed a quelle a fini regolazione, nonché le protezioni di generatore.

La cella dei trasformatori di misura volumetrici (TV) sarà equipaggiata con fusibili estraibili.

3.3.3 Trasformatore principale

Il trasformatore principale (riquadro 2 dello schema vedere Figura 12), ha la funzione di elevare la tensione di generazione (750 Volt) alla tensione di esercizio della rete di distribuzione Enel, alla quale la centrale sarà allacciata, ottenendo contemporaneamente una separazione galvanica fra la rete esterna ed i generatori. Esso sarà isolato in resina ed avrà le sotto elencate caratteristiche:

- rapporto di trasformazione 500/20.000 \pm 2x2,5% Volt
- gruppo CEI yD11
- tensione di c.c. \leq 6%
- potenza nominale 1.600 kVA

Il collegamento del quadro macchina con il trasformatore (collegamento fra riquadro 1 e riquadro 2 dello schema vedere Figura 10 e Figura 12) sarà effettuato con cavi unipolari delle stesse caratteristiche di quelli menzionati al precedente punto, posati in cunicoli o su passerelle metalliche. Mentre il collegamento fra trasformatore principale e quadro MT (collegamento fra il riquadro 2 e il riquadro 3 dello schema vedere Figura 11 e Figura 12) sarà realizzato mediante cavi unipolari schermati, sotto guaina in PVC (sigla RG7H1R) con grado di isolamento 32 kV, posati in cunicolo o su passerelle metalliche.

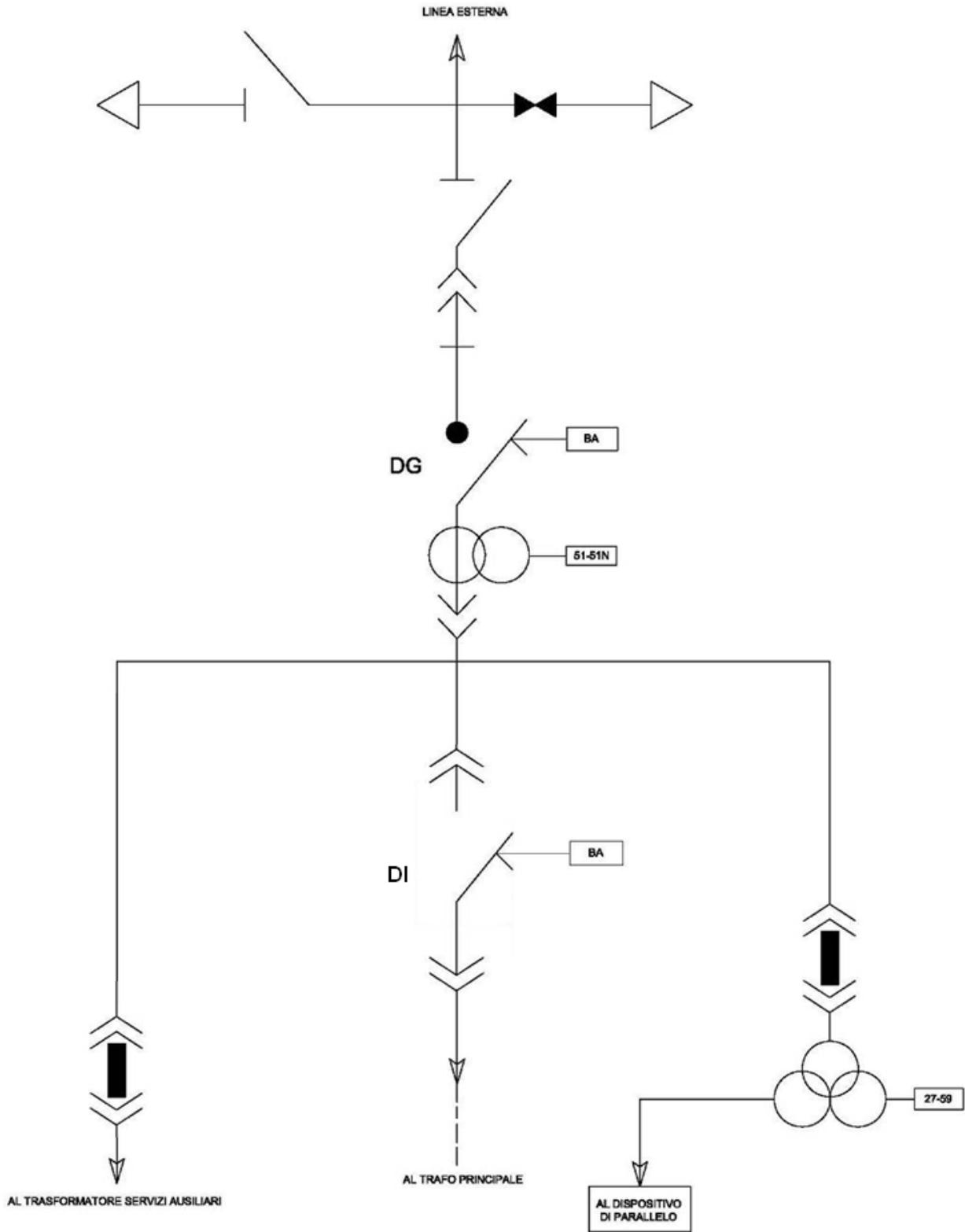


Figura 11: Riquadro 3, Quadro MT

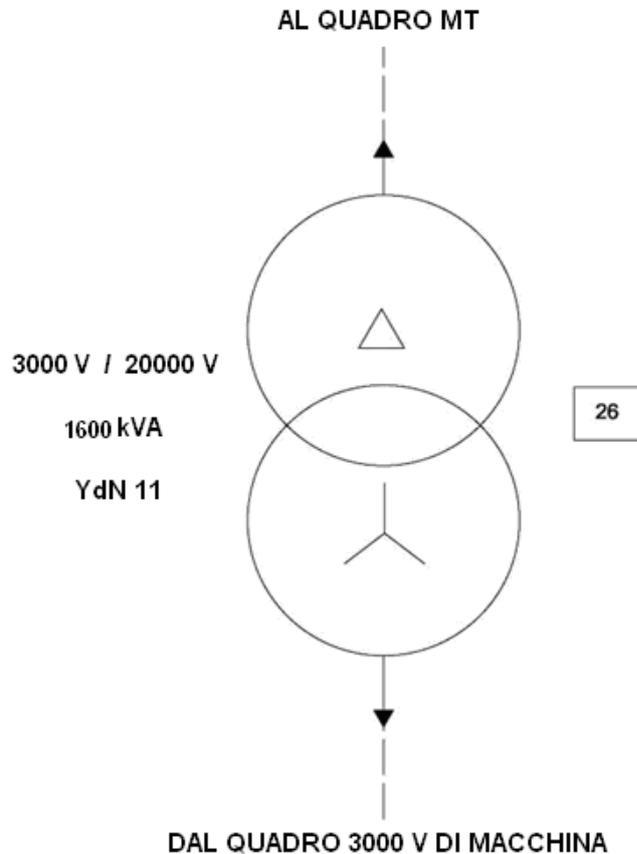


Figura 12: Riquadro 3, trasformatore principale

3.3.4 Quadro MT principale ed allacciamento alla rete

Il quadro a 20 kV, (riquadro 5 dello schema vedere Figura 11) sarà un quadro protetto, isolato per la tensione 32 kV, con grado di protezione IP 3x, rispondente alle norme CEI 17-6 (CEI EN 60298), costituito da:

- cella ingresso dal trasformatore principale,
- cella interruttore avente la funzione di dispositivo di interfaccia e generatore,
- cella interruttore avente la funzione di interruttore generale secondo le norme ENEL DK5740,
- cella di collegamento al trasformatore SA,
- cella trasformatori di misura (TV).

Le celle alloggianti gli interruttori saranno equipaggiate con interruttori a SF6, la cella TV e quella di collegamento al trasformatore SA saranno invece fornite di fusibili estraibili.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	24 di 29

Sull'interruttore generale, così come sul dispositivo di interfaccia-generatore, agirà un complesso di protezione polivalente omologato.

Il quadro MT generale sarà collegato ad un quadro MT costituente il punto di consegna alla rete ENEL, che avrà caratteristiche costruttive e di isolamento identiche al precedente, e comprenderà una cella di ingresso dal quadro di centrale e due celle ulteriori relative alla linea Enel, che verranno impiegate entrambe o meno a seconda che il collegamento sia effettuato in antenna da cabina secondaria oppure in entra-esce.

La connessione alla rete sarà effettuata mediante una linea elettrica sotterranea (20 kV), costituita da un tratto in cavo interrato, della lunghezza complessiva di circa 215 m, all'interno della sezione di scavo, che collegherà la centrale ad una linea a 20 kV esistente.

3.3.5 Sistema di messa a terra

Sarà realizzato un idoneo impianto di messa a terra, atto ad assicurare un valore di resistenza di terra commisurato al valore della corrente nominale di guasto e al relativo tempo di eliminazione da parte delle protezioni installate a monte nella rete esercita dall'Ente distributore (Norme CEI 11-1 in vigore). Tale impianto dovrà anche garantire l'equipotenzialità delle masse metalliche e delle aree calpestabili, sia all'interno della centrale che a margine della stessa.

Esso verrà eseguito posando nel getto di fondazione una rete magliata elettrosaldata, connessa in più punti ad un anello dispersore interrato ad una profondità adatta nel perimetro dell'edificio ospitante la centrale idroelettrica, costituito da tondo o corda di rame, a sua volta collegato alla condotta forzata.

All'interno della centrale sarà installato un collettore di terra (barra in rame preforata delle dimensioni 350x100x10 mm) il quale sarà messo in collegamento con i centri stella dei generatori, i conduttori di protezione, i conduttori equipotenziali e il conduttore di terra degli impianti bassa tensione (BT), nonché tutte le parti metalliche di apparecchiature ed infissi di qualsiasi genere.

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	25 di 29

3.3.6 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari comprenderanno due separati sistemi:

a) Sistema a 380 / 220 V c.a. costituito da:

- trasformatore 20.000/400 Volt, da 100 kVA, isolato in resina, rispondente alle norme CEI 14, gruppo Dyn 11 o Yzn 11, munito di passanti idonei per connessione diretta ai terminali di cavo (Figura 13);
- quadro BT rispondente alle norme CEI 17-13, comprendente l'interruttore generale munito di protezione magnetotermica, TA e strumentazione di misura dell'energia, interruttori di alimentazione delle utenze sia trifasi, sia monofasi, di numero e portata idonei alle stesse, pannello frontale con strumenti di misura della tensione e della corrente assorbita.

b) Sistema a 24 V c.c., costituito da:

- Batteria stazionaria sigillata della capacità di 200 Ah alla scarica di 10 ore;
- Carica batteria alimentato a 380 V, idoneo per il servizio in tampone;
- Quadro di distribuzione, rispondente alle norme CEI 17-13, comprendente l'interruttore generale munito di protezione magnetotermica, interruttori di alimentazione delle utenze, di numero e portata idonei alle stesse, pannello frontale con strumentazione e regolazioni del carica batteria nonché strumento indicatore della carica residua;
- Sistema UPS per l'alimentazione in continuità dell'elettronica di segnalazione e controllo.

A riguardo delle opere di presa e di carico i rispettivi quadri BT saranno alimentati, se possibile, dalla rete elettrica pubblica in BT, altrimenti via cavo dalla centrale, per tramite di cavidotti interrati posati parallelamente alla condotta forzata.

Il quadro di distribuzione di tali opere, del tipo per esterno in acciaio inox, avente grado di protezione IP65 e forma 2, contiene i misuratori, le apparecchiature automatiche di protezione e comando di tutte uscite, realizzate con condutture in cavo multipolare tipo FG7OR (0.6/1kV) inserite in tubazioni metalliche in ferro zincato e posate a vista con modalità tali da garantire un grado di protezione minimo IP55. Queste andranno ad alimentare le utenze in campo che, a seconda del caso esaminato, sono costituite dalle centraline oleodinamiche per l'azionamento dei servomotori delle paratoie e delle valvole, le prese F.M. (blocchi prese a spina industriali tipo IEC 309) e le utenze luce.

Gli impianti elettrici delle opere di presa saranno dotati di propri dispersori di terra, costituiti ciascuno da un conduttore in corda di rame di sezione non inferiore a 16 mm², interrato lungo il perimetro dell'opera ad una profondità non inferiore a 1 m, al quale saranno collegati i ferri di

armatura delle eventuali strutture in calcestruzzo armato, gli inserti metallici di qualsiasi tipo, e le masse metalliche non in tensione di tutte le apparecchiature, nonché la condotta forzata.

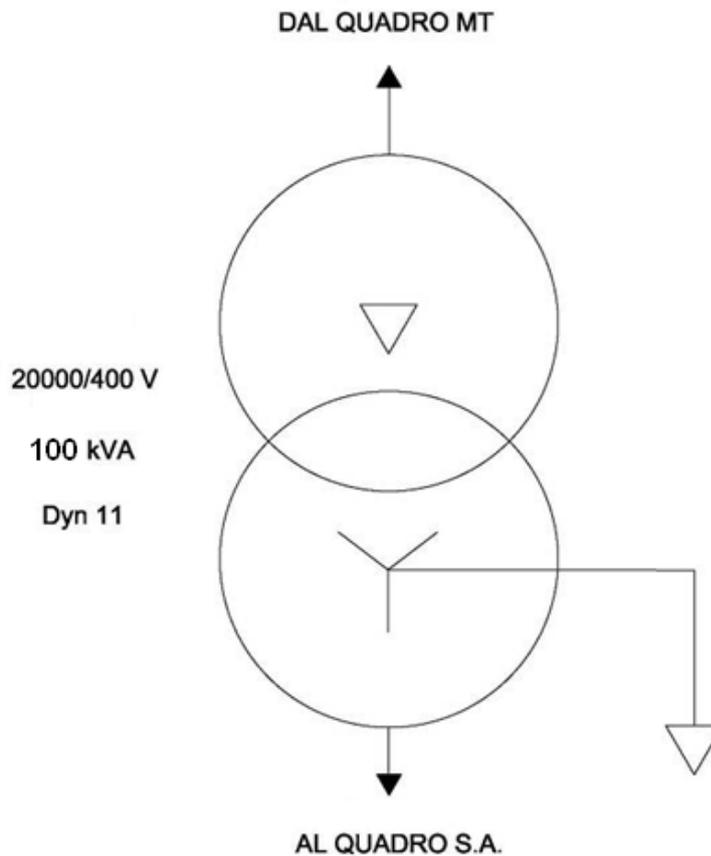


Figura 13: Riquadro 5, trasformatore SA

3.3.7 Sistema di protezione

Tutte le protezioni dovranno determinare i necessari interventi (arresto, arresto con blocco, scatto, blocco) attraverso circuiti convenzionali operanti a minima, indipendenti da ogni altro sistema di automazione e controllo della centrale.

Tale sistema sarà concepito per ottenere che l'arresto di un gruppo avvenga comunque, sia in caso di guasto che determini l'intervento di una protezione, sia in caso di rottura dei cavi di collegamento o di mancanza di alimentazione ai circuiti di protezione.

Il sistema di protezione comprenderà, oltre alla già citata protezione multifunzionale DV601, e alle protezioni termiche "di bordo macchina" costituite da sonde PT100 inserite nel generatore e nei trasformatori, un complesso multifunzionale che avrà le seguenti funzioni minime:

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	27 di 29

- massima tensione
- minima tensione
- massima tensione residua
- ritorno di potenza attiva
- perdita di eccitazione
- immagine termica
- massima corrente di fase
- chiusura accidentale interruttore con macchina ferma
- massima corrente residua (terra statore 90%)
- massima corrente di sequenza inversa.

3.4 SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE

Il criterio base di gestione dell'impianto sarà basato sulla regolazione della turbina in base al livello dell'acqua nella vasca dell'opera di presa situata a quota 345,30 m s.l.m. ; sarà possibile operare con portate pari al 10% della portata totale, limite funzionale delle Pelton, semplicemente regolando il grado di apertura degli ugelli del distributore tramite la spina.

La gestione delle operazioni di avviamento, messa in parallelo, regolazione e arresto del gruppo sarà realizzata mediante microprocessore (PLC), master, mentre la gestione delle valvole della opera di presa avverrà attraverso un PLC slave.

I segnali di scambio fra i PLC delle opere di presa e il PLC master verranno scambiati attraverso collegamenti in cavo o in fibra ottica posati in condutture appropriate lungo il tracciato delle condotte forzate.

L'interfaccia normale con l'operatore avverrà attraverso un PC sia locale, sia nel posto di controllo remoto, attraverso un collegamento mediante modem e linea telefonica dedicata.

L'operazione sul PC avverrà mediante pagine opportunamente configurate, con la rappresentazione delle misure e delle segnalazioni più significative di ciascun gruppo e della centrale, con la possibilità di richiamare i pulsanti di comando delle principali operazioni, secondo quanto sotto specificato. Sulle pagine del PC saranno inoltre riportati tutti gli allarmi con sequenza di acquisizione e memorizzazione, inoltre in pagine apposite sarà riportata la registrazione cronologica delle manovre e degli eventi.

L'assunzione del controllo (possibilità di eseguire comandi) dal PC locale o da quello remoto dovrà avvenire mediante l'inserimento di una password: la precedenza sarà attribuita ad uno dei

	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	28 di 29

due posti di controllo secondo un criterio da definire. La presentazione delle informazioni avverrà invece sempre in parallelo per entrambi.

Il sistema di controllo della centrale dovrà consentire i seguenti modi di funzionamento:

- manuale;
- automatico passo-passo;
- automatico.

Nel **modo di funzionamento manuale**, destinato essenzialmente all'esecuzione di prove, l'operatore potrà eseguire le manovre di avviamento, sincronizzazione, parallelo, presa e regolazione di carico, agendo sui comandi in campo e acquisendo le informazioni di ritorno per procedere, dalla strumentazione e dalle segnalazioni locali. In tal caso, con la sola esclusione delle protezioni, nessun automatismo interviene a gestire il funzionamento o ad impedire manovre errate.

Nel **modo di funzionamento automatico passo-passo**, le operazioni possono essere eseguite, sia dal PC locale, sia da quello remoto, sotto il controllo del PLC; il passaggio da ciascuna fase dell'avviamento o dell'arresto alla successiva avverrà solo su richiesta dell'operatore, sempre che vi siano le condizioni perché il passo possa essere eseguito.

Nel **modo di funzionamento automatico**, le operazioni saranno interamente eseguite dall'automatismo su semplice comando di avviamento o di arresto e, ove sussistano le condizioni, l'automatismo comanderà il riavvio anche in caso di arresto non accompagnato.

3.5 CARRO PONTE

Per la movimentazione delle componenti meccaniche ed elettriche in centrale sarà prevista la presenza di un carro ponte, il quale verrà collocato nella sala macchine e sarà dimensionato in modo tale da poter movimentare l'organo più pesante inserito nell'impianto (solitamente l'alternatore); il carro ponte avrà portata massima pari a 10 t.

 zollet INGEGNERIA	IMPIANTO IDROELETTRICO TORRENTE ALBERONE <i>PROGETTO DEFINITIVO</i> <i>RELAZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE</i>	FILE:	152_PD_2.3_OEM_00.doc
		Pag	29 di 29

4 BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- 1 Ventrone Giuseppe (1998), "Macchine per allievi ingegneri", Edizioni Libreria Cortina, Padova, Italia.
 - 2 Celso Penche (1998), "Guida all'idroelettrico minore", edizione curata dall'ESHA – European Small Hydroelectric Association.
 - 3 De Siervo e Lugaresi (1976), "Modern trends in selecting Francis turbines"; (1977) "Modern trends in selecting Pelton turbines"; (1978) "Modern trends in selecting Kaplan turbines", Water Power & Dam Construction
 - 4 Normativa elettrica di riferimento CEI 0-16.
-