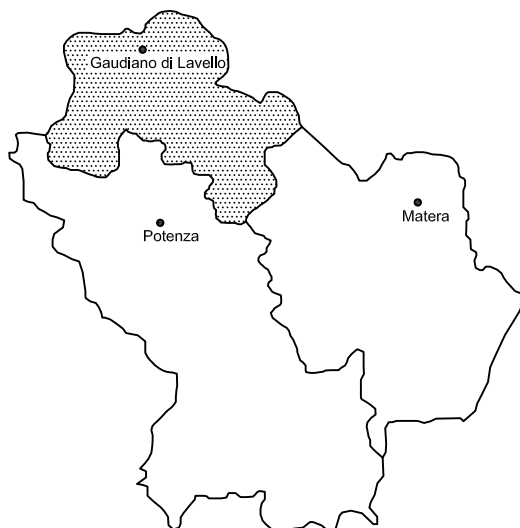




REGIONE BASILICATA



COMPLETAMENTO DEI DISTRETTI IRRIGUI IN AGRO DI MONTEMILONE ED INTEGRAZIONE RISORSE IDRICHE

PROGETTO ESECUTIVO

A-ELABORATI DESCRITTIVI

A7

Relazione calcoli elettrici

Giugno 2014

IL PROGETTISTA

Prof. Ing. A.F. PICCINNI

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.7288



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Fileno PENNACCHIO

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO

Avv. G. MUSACCHIO

Indice

1. STRUTTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE UTENZE.....	1
2. DATI DI PROGETTO	3
3. ANALISI DEI CARICHI E DIMENSIONAMENTO INTERRUTTORI E TRASFORMATORE 5	
4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI ELETTRICI IN B.T.	7
5. VERIFICA DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	12
6. VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE	12
7. DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI RIFASAMENTO	14

1. STRUTTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE UTENZE

L'impianto è alimentato in media tensione con arrivo a 20 kV.

Una cabina di trasformazione provvederà a portare l'alimentazione in arrivo a 400 Vac.

I livelli di tensione saranno i seguenti:

Tensione nominale primaria	20 kV
Tensione nominale secondaria	0,4 / 0,23 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Distribuzione secondaria	3 F + N
Alimentazione motori	400 V – 3F
Circuiti Luce	230 V – F+N+T
Circuiti F.M.	400 V – 3F + T
Circuiti prese bipolari	230 V – F+N+T
Circuiti aux	230 Vac – 24 Vac

La nuova cabina elettrica sarà collegata con cavo tripolare armato 18/30 kV, derivato dall'alimentazione a 20 kV interrata. Tale cavo sarà posato in tubo di PVC interrato. Tali pose saranno a cura dell'ENEL.

La cabina sarà divisa in tre locali: a) Locale ENEL; b) Locale Misure; c) Locale Cabina MT lato utente. Nel locale ENEL saranno allocate (a cura ENEL) le apparecchiature di sezionamento e di arrivo della linea MT. Nel locale ENEL sarà fornito e posizionato da ENEL il gruppo di misura fiscale, mentre nel locale utente saranno installati il quadro MT 20 kV, il trasformatore in resina da 1000 kVA completo di armadio di protezione ed il quadro di protezione linea ENEL (QPLE).

Il quadro MT 20 kV sarà composto, a sua volta, da due pannelli di cui uno contenente gli organi di sezionamento di linea mentre l'altro conterrà l'interruttore (sottovuoto), i circuiti di protezione, misure, comandi segnalazioni e la centralina di controllo temperatura del trasformatore.

A valle del trasformatore da 1000 kVA sarà installato, sempre nello stesso locale utente, un quadro di protezione linea ENEL (QPLE) con l'interruttore generale (da 1600 A) di tutto l'impianto, collegato ai pulsanti di sgancio.

Un cavidotto porterà i cavi di alimentazione dell'impianto dal QPLE al Quadro di distribuzione situato in apposito locale. Da tale quadro saranno, quindi, alimentate tutte le utenze dell'impianto stesso.

Il sistema di alimentazione delle utenze è così strutturato:

- Dal Quadro Protezione Linea ENEL (di seguito QPLE) viene alimentato il Quadro Distribuzione (di seguito QTD).

- Il QD alimenta tutte le utenze dell'impianto. Uno schema unifilare del QD viene allegato alla presente relazione.

2. DATI DI PROGETTO

Tensione primaria ENEL	20 kV ± 5%
Frequenza	50 Hz ± 5%
Potenza di corto circuito (stimata)	500 MVA
Rapporto di trasformazione	20 / 0,4 / 0,23 kV
Tensione di corto circuito % - Vcc %	6%
Gruppo vettoriale trasformatore	DYN 11
Tensione di esercizio B.T.	400 / 230 V
Fattore di potenza utenze	0,75
Fattore di potenza avviamento	0,2
Caduta di tensione operativa massima ammessa ΔV%	4 %
Caduta di tensione allo spunto ΔVS	15%
Caduta di tensione impianto luce ΔVL	3%
Corrente di spunto motori	7 x In
Tempo di avviamento motori	max 30 sec

CORRENTE DI CORTO CIRCUITO LATO 20 kV

Dalla precedente tabella si ottiene che

$$P_{cc20} = 500 \text{ MVA} \quad \cos\phi_{cc} = 0,15 \quad \text{e} \quad \sin\phi_{cc} = 0,98$$

$$I_{cc20} = U_{20} / (1,73 \times \sqrt{(R_{20}^2 + X_{20}^2)}) \quad \text{dove } R_{20} = Z_{20} \times \cos\phi$$

$$\text{e } X_{20} = Z_{20} \times \sin\phi$$

$$Z_{20} = (U_{20}^2 \times 10^3) / (P_{cc20}^2 \times 10^3) = 20^2 / 500 = 0,8 \text{ m}\Omega$$

Pertanto

$$R_{20} = 0,8 \times 0,15 = 0,12 \text{ m}\Omega$$

$$X_{20} = 0,8 \times 0,98 = 0,784 \text{ m}\Omega$$

Quindi

$$I_{cc20} = 20 / (1,73 \times \sqrt{(0,12^2 + 0,784^2)}) = 14,58 \text{ kA}$$

$$I_{020} = 1,41 \times 1,8 \times 14,58 = 37,0 \text{ kA valore asimmetrico}$$

SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI LATO 20 kV

La sezione minima di un conduttore per I_{cc} è data dalla

$$S_m = I_{cc} \times \sqrt{t} / k \quad \text{dove } I_{cc} = \text{corrente di corto circuito e}$$

$t'' = 0.5$ s tempo di intervento protezioni lato 20 kV

Utilizzando un cavo RG7H1R (K= 143) si ottiene che:

$$S_m = 14580 \times \sqrt{0.5} / 143 = 72,1 \text{ mm}^2 \approx 95 \text{ mm}^2$$

I cavi di alimentazione o conduttori lato 20 kV dovranno avere una sezione minima, per gli effetti termici della I_{cc20} , di 95 mm^2 .

CORRENTE DI CORTO CIRCUITO AL TRASFORMATORE LATO 0.4 kV

La potenza nominale del trasformatore calcolata sommando i carichi risulta pari a

$$P_t = 1000 \text{ kVA}$$

Considerando una tensione di corto circuito percentuale (U_{cc}) pari al 6% e le perdite nel rame (P_{cu}) pari a 6900 W, si ottiene:

$$R_t = (P_{cu} \times U_{0,4}^2) / P_t^2 \quad \text{con } X_t = \sqrt{(Z_t^2 - R_t^2)}$$

Sostituendo i valori otterremo

$$Z_t = 9,6 \text{ m}\Omega$$

$$R_t = 1,1 \text{ m}\Omega$$

$$X_t = 9,54 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc04} = U_{0,4} / (1,73 \times \sqrt{(R_{20/04} + R_t)^2 + (X_{20/04} + X_t)^2})$$

Sostituendo i valori otterremo

$$R_{20/04} = 0,096 \text{ m}\Omega$$

$$X_{20/04} = 0,627 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc04} = 22,58 \text{ kA}$$

CORRENTE DI CORTO CIRCUITO LATO 0.4 kV SU QUADRO PROTEZIONE LINEA

Il quadro di protezione linea ENEL è collegato al trasformatore con quattro cavi unipolari per fase di sezione pari a 240 mm^2 posti in parallelo.

Seguendo un criterio analogo al precedente avremo che la corrente di corto circuito al Quadro Protezione Linea ENEL sarà pari a:

$$I_{cc04QPLE} = 11,03 \text{ kA}$$

$$I_{0,4} = 27,99 \text{ kA}$$

3. ANALISI DEI CARICHI E DIMENSIONAMENTO INTERRUTTORI E TRASFORMATORE

Onde poter determinare la potenza necessaria al funzionamento degli impianti determinando la taglia degli interruttori e delle apparecchiature di protezione, è necessario analizzare le caratteristiche dei carichi che devono essere alimentati dal sistema di distribuzione ed il sistema di riduzione delle correnti di spunto.

Il carico più elevato è costituito dalle pompe aventi le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale $P_n = 250 \text{ kW}$

Corrente nominale $I_n = 420 \text{ A}$

Rapporto corrente di spunto / corrente nominale $I_s/I_n = 7$

Tale situazione si tramuterebbe in una corrente di avviamento pari a 2940 A , valore che renderebbe molto onerosa l'opera. Per evitare tale situazione è necessario inserire su ogni pompa un "soft starter" per l'avviamento graduale della stessa regolandolo in maniera tale da permettere un avviamento con una corrente di avviamento massima $I_a = 160 \% I_n$. Nel nostro caso avremmo:

Corrente di avviamento massima $I_a = 672 \text{ A}$

Tale corrente di avviamento risulta applicata per un periodo di tempo pari al tempo impostato per la rampa di salita sul soft-starter.

Da tali considerazioni consegue che la taglia dell'interruttore di protezione di ogni singolo soft-starter sarà pari a 800 A :

$I_{NSS} = 800 \text{ A}$

Per quanto concerne gli altri carichi, li indichiamo nella TAB.1.

TAB.1 = Tabella dei carichi

Utenza	Potenza assorbita (Kw)	Coefficiente di contemporaneità	Sistema di alimentazione	Tensione di alimentazione (V)	Corrente assorbita (A)
Elettropompa n.1	250	0,67	Trifase	400	420
Elettropompa n.2	250	0,67	Trifase	400	420
Elettropompa n.3	250	0,67	Trifase	400	420
Prese interbloccate a 400V	10	1	Trifase	400	18
Quadro Elettrocompressore	10	1	Trifase	400	18
Prese a 230V	3	1	Monofase	230	16
Estrattore quadro pompa n.1	0,5	0,67	Monofase	230	3
Estrattore quadro pompa n.2	0,5	0,67	Monofase	230	3
Estrattore quadro pompa n.3	0,5	0,67	Monofase	230	3
Luci di emergenza	0,2	1	Monofase	230	1
Misuratore di portata	0,2	1	Monofase	230	1
Misuratore di livello	0,2	1	Monofase	230	1
Luci interne	0,5	1	Monofase	230	3
Luci esterne	1	1	Monofase	230	5
Quadro comando e controllo	1	1	Monofase	230	5
Riserva monofase	3	1	Monofase	230	16

La potenza totale richiesta si ottiene come sommatoria dei prodotti delle singole potenze per il coefficiente di contemporaneità:

$$P_t \text{ (kW)} = \sum (P_i * K_i)$$

dove P_i = potenza attiva assorbita dall'iesimo carico

K_i = Coefficiente di contemporaneità dell'iesimo carico

La corrente nominale (I_N) dell'interruttore generale di protezione sarà \geq della massima corrente assorbita dai carichi. I valori sono riportati nella tabella successiva.

TAB. 2

Potenza Totale P_t (kW)	Corrente totale assorbita I_t (A)	Coefficiente di sicurezza per avviamento con soft-starter	Corrente totale (A)	Taglia interruttore generale di protezione (I_N)
533	934	1,6	1438	1600

E' importante sottolineare che, a causa del maggior assorbimento del soft-starter all'avviamento per un tempo massimo di 30 secondi, è necessario prevedere un interruttore che abbia uno sganciatore termico di tipo elettronico che possa essere impostato in classe 30.

Pertanto la potenza richiesta al trasformatore sarà data da: $995 \text{ kVA} \approx 1000 \text{ kVA}$

Dal valore precedente si ottiene che la corrente max dell'interruttore di MT sarà pari a

$$I_{MAX} = (1,1 \times 1000 \times 1000) / (1,73 \times 20 \times 1000) = 31,79.$$

La corrente nominale del sezionatore sarà quindi pari a $31,79 \times 1,25 = 39,74 \text{ A}$

La portata fornita dal sezionatore standard è di 400 A.

Anche la minima portata dell'interruttore SF6 standard è di 400 A.

4. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI ELETTRICI IN B.T.

Il dimensionamento dei cavi di b.t. è stato eseguito in modo da garantire la protezione della conduttura dalle correnti di sovraccarico.

In particolare, ai sensi della norma CEI 64-8, il coordinamento dei dispositivi di protezione con la conduttura deve soddisfare la relazione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (a)$$

dove:

I_z = portata massima della conduttura ottenuta in base alle dimensioni del cavo, alla temperatura ed al metodo di posa

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione

I_b = corrente effettiva assorbita dal carico

Per quanto riguarda la determinazione della sezione del cavo, si è fatto riferimento alla Tabella CEI-UNEL 35024-70, considerando che i cavi da posare dovranno essere del tipo con rivestimento in PVC. Da tale tabella si evince il valore di I_{z0} che ci permette di calcolare I_z tramite la relazione:

$$I_z = I_{z0} \times K_1 \times K_2 \quad (b)$$

dove I_{z0} = portata massima del cavo a 30 °C

K_1 = fattore di correzione dovuto alla temperatura

K_2 = fattore di correzione dovuto al tipo di posa

La Tabella CEI-UNEL 35024-70 per il tipo di posa previsto (cavi unipolari senza guaina posati in tubazioni interrate e/o cunicoli) viene di seguito riportata.

TAB.3

Sezione (mm ²)	Numero di conduttori attivi			
	2		3	
	PVC	EPR	PVC	EPR
1,5	17,5	23	15,5	20
2,5	24	31	21	28
4	32	42	28	37
6	41	54	36	48
10	57	75	50	66
16	76	100	68	88
25	101	133	89	117
35	125	164	110	144
50	151	198	134	175
70	192	253	171	222
95	232	306	207	269
120	269	354	239	312
150	309	402	275	355

185	353	472	314	417
240	415	555	369	490

Le portate sopra descritte sono riferite ad una temperatura convenzionale di 30 °C. In realtà si considera che, occasionalmente (dato il tipo di posa in tubazioni interrato e cunicoli), la temperatura possa raggiungere i 35 °C.

Per tener conto del contributo della temperatura ambiente (coefficiente K_1) si fa riferimento alla Tabella 4.

TAB.4

Temperatura ambiente (°C)	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1	1
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,5	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Per quanto riguarda il coefficiente K_2 (dipendente dal tipo di posa) si è assunto tale coefficiente pari ad 1, in quanto la tabella CEI-UNEL 35024-70 indicata è già relativa al tipo di posa da utilizzare.

Applicando la relazione (b) all'impianto in esame, avremo i seguenti valori:

TAB. 5

Utenza	Sezione cavo (mmq)	lzo	K ₁	K ₂	lz
Dal QPLE al QD	4 x 240	1960	0,96	1	1882
Dal QD al QEP1	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QD al QEP2	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QD al QEP3	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QD al Quadro di Rifasamento	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QEP1 ad Elettropompa n.1	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QEP2 ad Elettropompa n.2	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QEP3 ad Elettropompa n.3	2 x 120	624	0,96	1	599
Dal QD al QCC	2,5	24	0,94	1	22
Prese interbloccate a 400V	10	50	0,94	1	47
Prese a 230V	4	32	0,94	1	30
Misuratore di livello	1,5	15,5	0,94	1	16
Misuratore di portata	1,5	15,5	0,94	1	16
Luci interne	2,5	24	0,94	1	22
Luci esterne	2,5	24	0,94	1	22
Luci di emergenza	1,5	17,5	0,94	1	16
Estrattore quadro pompa n.1	1,5	17,5	0,94	1	16
Estrattore quadro pompa n.2	1,5	17,5	0,94	1	16
Estrattore quadro pompa n.3	1,5	17,5	0,94	1	16
Quadro elettrocompressore	10	50	0,94	1	47
Riserva Monofase	2,5	24	0,94	1	22

Riunendo quanto riportato nelle tabelle 1, 2 e 5, avremo che:

TAB. 6

Utenza	I _Z	I _N	I _B	NOTE
Dal QPLE al QD	1882	1600	934	Sganciatore termico in classe 30
Dal QD al QEP1	599	482	420	Coordinamento soft-starter di tipo 2 (per protezione cavi e semiconduttori)
Dal QD al QEP2	599	482	420	Coordinamento soft-starter di tipo 2 (per protezione cavi e semiconduttori)
Dal QD al QEP3	599	482	420	Coordinamento soft-starter di tipo 2 (per protezione cavi e semiconduttori)
Dal QD al QRIF	599	500	354	
Dal QEP1 ad Elettropompa n.1	599	Soft-starter	420	
Dal QEP2 ad Elettropompa n.2	599	Soft-starter	420	
Dal QEP3 ad Elettropompa n.3	599	Soft-starter	420	
Dal QD al QCC	22	10	6	
Prese interbloccate a 400V	47	25	18	
Prese a 230V	20	16	16	
Misuratore di livello	16	6	1	
Misuratore di portata	16	6	1	
Luci interne	22	10	3	
Luci esterne	22	10	5	
Luci di emergenza	16	10	1	
Estrattore quadro pompa n.1	16	10	3	
Estrattore quadro pompa n.2	16	10	3	
Estrattore quadro pompa n.3	16	10	3	

Quadro elettrocompressore	47	25	18	
Riserva Monofase	22	16	16	

La TAB.6 evidenzia la verifica della relazione (a), per tutte le utenze degli impianti.

5. VERIFICA DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE

Per quanto riguarda la verifica dei dispositivi di protezione, la Norma 64-8 prevede il soddisfacimento della seguente relazione:

$$I_F \leq 1,45 I_z \quad (c)$$

dove I_F = corrente di sicuro scatto dello sganciatore termico dell'interruttore di protezione

I_F = portata del cavo

La relazione (c) nel caso in esame è sempre verificata in quanto, per la tipologia degli interruttori automatici utilizzati, la $I_F = 1,45 I_N$. La (c) risulta, pertanto

$$I_F = 1,45 I_N \leq 1,45 I_z$$

che è sempre vera poiché si è verificato che $I_N \leq I_z$ per ogni utenza.

6. VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE

Le cadute di tensione sono state valutate attraverso la seguente formula:

$$\Delta V = K * L * I_B * [R_{cavo} \cos \varphi + X_{cavo} \sin \varphi] \quad (d)$$

dove K = coefficiente che dipende dal sistema di alimentazione (2 monofase, 1,73 trifase)

L = lunghezza della linea

I_B = corrente assorbita dall'utilizzatore

R_{cavo} = resistenza del cavo

X_{cavo} = reattanza del cavo

$\cos \varphi$ = fattore di potenza considerato = 0,9 => $\sin \varphi = 0,436$

Applicando la (d) alle utenze dell'impianto otterremo la seguente tabella:

TAB. 7

Utenza	Sezione (mmq)	Lunghezza (m)	Rcavo (mΩ / m)	Xcavo (mΩ / m)	Corrente (A)	K	ΔV (Volt)	%
Dal QPLE al QD	240	40	0,0943	0,0977	234	1,73	2,06	0,52
Dal QD al QEP1	120	10	0,188	0,1010	210	1,73	0,77	0,19
Dal QD al QEP2	120	10	0,188	0,1010	210	1,73	0,77	0,19
Dal QD al QEP3	120	10	0,188	0,1010	210	1,73	0,77	0,19
Dal QEP1 all'elettropompa 1	120	20	0,188	0,1010	210	1,73	1,55	0,38
Dal QEP1 all'elettropompa 2	120	20	0,188	0,1010	210	1,73	1,55	0,38
Dal QEP1 all'elettropompa 3	120	20	0,188	0,1010	210	1,73	1,55	0,38
Dal QD alle prese interbloccate a 400V	10	20	2,24	0,119	18	1,73	1,29	0,32
Dal QD al Quadro Elettrocompressore	10	20	5,57	0,143	18	1,73	1,29	0,32
Dal QD al Quadro di Rifasamento	120	20	0,188	0,1010	177	1,73	1,31	0,33
Dal QD al QCC	2,5	20	8,91	0,155	6	2	1,94	0,84
Dal QD alle prese a 230V	4	40	5,57	0,143	16	2	6,5	2,82
Dal QD alle luci interne	2,5	40	8,91	0,155	3	2	1,94	0,84
Dal QD alle luci esterne	2,5	40	8,91	0,155	5	2	3,23	1,41
Dal QD al misuratore di livello	1,5	40	14,8	0,168	1	2	1,07	0,47
Dal QD al misuratore di portata	1,5	40	14,8	0,168	1	2	1,07	0,47
Dal QD alle luci di emergenza	1,5	40	14,8	0,168	1	2	1,07	0,47
Dal QD agli estrattori	1,5	10	14,8	0,168	3	2	0,8	0,35

Come si potrà notare dall'ultima colonna della TAB. 7 tutte le cadute di tensione sono < 4%, per cui i conduttori risultano correttamente dimensionati.

7. DIMENSIONAMENTO BATTERIA DI RIFASAMENTO

Per tale calcolo consideriamo un $\cos\phi$ medio pari a 0,75 ed un $\cos\phi$ contrattuale ENEL pari a 0,92 minimo. Ricordiamo che:

$$P = 533 \text{ kW}$$

La potenza reattiva richiesta all'impianto sarà pari a:

$$\cos\phi (a) = 0,75 \qquad \cos\phi (b) = 0,92$$

$$\text{tg} (a) = 0,88 \qquad \text{tg} (b) = 0,42$$

$$K = \text{tg} (a) - \text{tg} (b) = 0,46$$

$$\text{KVAR} = \text{kW} \times K = 533 \times 0,46 = 245 \text{ kVAR}$$

La corrente di rifasamento sarà pari a $I_R = 354 \text{ A}$, per cui la corrente nominale dell'interruttore di protezione del rifasatore sarà pari a $I_{NR} = 354 \times 1,4 = 495 \text{ A} \approx 500 \text{ A}$

Il relativo cavo di alimentazione sarà pari a $2 \times 120 \text{ mm}^2$ per fase.