

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

Indice

1. Descrizione del sistema elettrico
2. Cavidotto Media Tensione
3. Cavidotto Alta Tensione
4. Dati di riferimento per il Progetto
5. Dati sulle Apparecchiature e macchine
6. Ipotesi e Criteri di base
7. Scelta dei cavi
8. Collegamento alla rete nazionale
9. Perdite di energia

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

1. Descrizione del sistema elettrico

Questo studio si riferisce al Progetto del Parco Eolico “Corona Prima” situato nel comune di Tricarico – MT – in località Verrutoli.

Il Progetto si basa sull’installazione di 20 torri equipaggiate con navicelle Suzlon tipo S97 – 2,1 MW, per una capacità totale di produzione di 42.000 kW.

Le torri sono distribuite su un’area di notevoli dimensioni del Parco, con distanza tra i vertici estremi di diversi chilometri. I trasformatori elevatori di ogni unità, sono installati all’interno della torre e sono del tipo ad isolamento in resina, con una capacità di 2.500 kVA ciascuno.

La rete interna al Parco, di raccolta e convogliamento dell’Energia Prodotta alla Sottostazione, si divide in due grappoli di torri. La potenza elettrica di un grappolo, composto da 11 torri, è di 23.100 KW, mentre l’altro grappolo si compone di 9 torri per una potenza totale di 18.900 kW.

In ciascun grappolo, l’energia prodotta da un generatore viene prelevata da un cavo a 30 kV e portata alla torre successiva, e così via, fino a alla torre più vicina alla cabina di raggruppamento e quindi convogliata verso quest’ultima.

2. Cavidotto Media Tensione

Le linee a 30 kV di collegamento tra le torri e di convogliamento energia prodotta, sono le seguenti:

• Linea No. 1.1:	Generatori No. 7, 1, 18 alla Torre 2	→ 8,4 MW alla Cabina No. 1
• Linea No. 1.2:	Generatori No. 19, 3, 20 alla Torre 17	→ 8,4 MW alla Cabina No. 1
• Linea No. 1.3:	Gen. No. 13 e Gen. No. 10 alla Torre 12	→ <u>6,3 MW alla Cabina No. 1</u>
	Totale Linea 1	23,1 MW
• Linea No. 2.1:	Generatore No. 4 alla Torre 16	→ 4,2 MW alla Cabina No. 2
• Linea No. 2.2:	Generatori No. 11 alla Torre 8	→ 4,2 MW alla Cabina No. 2
• Linea No. 2.3:	Generatore No. 5 alla Torre 9	→ 4,2 MW alla Cabina No. 2
• Linea No. 2.4:	Generatore No. 21	→ 2,1 MW alla Cabina No. 2
• Linea No. 2.5:	Generatore No. 14 alla Torre 6	→ <u>4,2 MW alla Cabina No. 2</u>
	Totale Linea 2	18,9 MW

La Cabina 1 è ubicata presso la Torre 17, attualmente terreno agricolo.

La Cabina 2 invece è ubicata nella S/S Utente ed occupa l’area di un vecchio ovile da smantellare. Il collegamento tra la Cabina 1 e la Cabina 2 viene effettuato a mezzo di una linea in cavo realizzata con due circuiti in parallelo da 500 mm² in alluminio, installati in due trincee parallele, realizzate da parte opposta ai lati della sede stradale.

3. Cavidotto Alta Tensione

La S/S Utente ubicata nel vecchio ovile, eleva la tensione da 30 a 150 kV a mezzo di due trasformatori da 40/50 MVA, con raffreddamento ONAN/ONAF.

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

L'energia prodotta viene trasferita alla S/S di rete ubicata nei pressi dell'immissione della Strada del Consorzio di Bonifica di Matera sulla Statale SS 96 bis, presso Masseria Lanceri.

La lunghezza del collegamento è di circa 19 km ed è realizzato con un cavo isolato in XLPE, di sezione 1x400 mm² in alluminio, con tensione 87/150 kV.

4. *Dati di riferimento per il Progetto*

Per il Progetto sono stati presi a riferimento i seguenti dati:

a. Tensione del Generatore:	690 V
b. Tensione del cavidotto:	30 kV
c. Tensione max. del sistema MT:	36 kV
d. Corrente di cto del sistema MT:	16 kA x 0,5 sec.
e. Tipo di isolamento dei cavi:	XLPE
f. Temperatura di riferimento per i cavi interrati:	20 °C
g. Profondità di posa: MT-AT	1,2 – 1,4 m
h. Resistività termica del terreno:	1°C m/W
i. Disposizione dei cavi:	Trifoglio
j. Altitudine:	< 1.000 s.l.m.
k. Tensione di servizio sistema AT:	150 kV
l. Tensione max. del sistema AT:	170 kV
m. Corrente c.to c.to:	25 kA
n. Potenza max. installata (20x2,1):	42,0 MW
o. Ore equivalenti di servizio a potenza nominale:	2.756 h/anno
p. Fattore di correzione delle perdite:	0,77
q. Cos φ ai morsetti di Terna:	da - 0,95 a +0,95
r. Prezzo di vendita:	0,126 €/kWh
s. Tasso di attualizzazione (investimento e perdite):	6 %
t. Numero di anni per ritorno di investimento:	20
u. Perdite del sistema – max.	3 %
v. Caduta di tensione in ciascun ramo: inferiore al:	2 %

5. *Dati sulle Apparecchiature e macchine*

L'energia prodotta da ciascuna torre si eleva fino a 30 kV tramite Trasformatore di Unità di a 2.500 kVA, rapporto 690 (+/- 2 x 2,5%)/30 kV, Vcc = 7%. I trasformatori sono ubicati all'interno alla base della torre e sono del tipo isolati in resina per interno.

Il quadro a 30 kV è di tipo a moduli, adatto alla corrente nominale (630 A) e a quella di corto circuito dell'Impianto (16 kA), con un sufficiente margine di sicurezza. Ogni pannello è dotato di interruttori automatici e CBU (Control Bay Unit) e protezione.

I cavi impiegati sono di tipo in isolamento estruso XLPE, con schermo a fili di rame e nastro equalizzatore, e guaina esterna in PVC. I cavi sono posati in trincee di 1.200 mm di profondità.

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

Per la progettazione dei cavi sono stati considerati i seguenti dati:

- Temperatura del terreno: 20 °C
- Resistività termica del terreno: 1,0 °C x mt/W
- Numero di circuiti: max. 3 per trincea

La Sottostazione Utente si compone, oltre che del quadro 30 kV di raccolta cavi MT, di due Trasformatori elevatori 30/150 kV della capacità di 40/50 MVA ciascuno, raffreddamento ONAN/ONAF, dotati di commutatore sotto carico a 17 prese, +/- 10 x 1,25 % per garantire il funzionamento con variazione di tensione del +/- 12,5%, e Vcc = 12 % a 40 MVA.

La Sottostazione alloggerà inoltre un reattore di 20 MVA circa, per la compensazione dell'energia capacitiva del sistema.

6. *Ipotesi e Criteri di base*

Il presente studio per l'ottimizzazione del sistema cavi si basa sui seguenti presupposti:

a. *Lunghezza dei circuiti*

Le lunghezze dei circuiti sono quelle ricavate dalle planimetrie, e riportate in uno schema di collegamenti, parte della documentazione.

Lo studio si mantiene valido anche per una variazione delle lunghezze di +/- 10 %.

b. *Fattore di potenza*

L'energia prodotta è consegnata alla sottostazione di rete di Terna a 150 kV ed il fattore di potenza è contenuto tra - 0,95 e + 0,95.

c. *Caduta di tensione*

Per il calcolo della caduta di tensione nei vari rami del cavidotto, viene utilizzata la seguente formula:

$$DV_i = 1,73 [R I \cos \varphi + X I \sin \varphi + (X I \cos \varphi - R I \sin \varphi)^2 / 2 V]$$

d. *Capitalizzazione delle perdite*

Il valore attuale delle perdite per la capitalizzazione delle stesse, è stato calcolato adottando i seguenti parametri:

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Costo delle perdite di energia | a = 0,126 €/kWh |
| 2. Tasso di interesse per la capitalizzazione: | i = 6% su base annua |
| 3. Ritorno dell'investimento: | n = 20 anni |

Il fattore di capitalizzazione risulta pari a: 1,44521

e. *Sezione minima dei cavi*

La sezione minima dei cavi è stata stabilita in maniera tale da rispettare i requisiti di corto circuito del sistema.

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

Essendo le sezioni minime usate per le ramificazioni nel sistema di 70 mm² per 30 kV, la capacità di corrente di corto circuito risulta:

$$(I_{ccmax} = S \times 143/\sqrt{t} - \text{assumendo } t = 1 \text{ sec}): \quad I_{ccmax} = 70 \times 143 / 1 = \mathbf{10,0 \text{ kA}}$$

Le sezioni minime dei cavi usati per le linee di interconnessione tra le cabine, invece, sono di 300 mm² quindi la portata della corrente di corto circuito diventa:

$$I_{ccmax} = 300 \times 143 / 1 > \mathbf{40 \text{ kA}}$$

Assumendo che la rete abbia una potenza infinita, il requisito di massima portata in corto circuito del circuito è:

$$I_{ccnet} = 40.000/(1,73 \times 30) \times 0,12 \sim 7 \text{ kA} < 10 \text{ kA}$$

(dove 0,12 è la Tensione di corto circuito % del trasformatore di potenza a 40 MVA).

7. Scelta dei cavi

Le taglie dei cavi sono state selezionate in modo da limitare i tipi di cavo da impiegare, per motivi sia di razionalizzazione che di montaggio.

I cavi sono stati scelti sulla base del criterio di ottimizzazione della rete dal punto di vista tecnico/economico; il che si ottiene quando, per ciascun circuito, il valore del costo di gestione è uguale al costo di investimento per l'acquisto, cioè quando il Valore Attuale del costo delle perdite è uguale (o molto prossimo) al costo di acquisto del cavo.

Infine la taglia del cavo è stata verificata essere conforme alla pratica impiantistica, cioè limitare le cadute di tensione di ogni ramo al 2%.

Inoltre, dati i correnti valori di LME per il rame e l'alluminio, si propone di adottare cavi in alluminio.

I cavi proposti sono i seguenti:

Item	Cavo	Sistema 30 kV
a.	3 x 1 x 70 mm ² Al:	5.500 mt
b.	3 x 1 x 150 mm ² Al:	17.500 mt
c.	1 x 300 mm ² Al:	16.500 mt
d.	1 x 500 mm ² Al:	24.000 mt

La scelta dei cavi è stata effettuata sulla base del criterio del funzionamento del conduttore alla temperatura inferiore od uguale a 90 °C alla massima potenza di produzione del parco, si da garantire un ciclo di vita di oltre 25 anni per il cavidotto. E' stato inoltre verificato che la caduta di tensione di ogni ramo sia inferiore al 2% e le perdite di potenza inferiori al 3% della potenza trasmessa.

Adest S.r.l.
Tricarico Wind Mill Park - Basilicata
Sistema Elettrico 30 e 150 kV

Relazione Tecnica

I valori calcolati risultano essere i seguenti:

- | | | |
|----|-------------------------------------|------------------------------------|
| a. | Caduta di tensione massima: | 1,23 % |
| b. | Perdite di Potenza cavidotto 30 kV: | 0,73 % max. (ramo meno efficiente) |

8. Collegamento alla rete nazionale

Per il collegamento alla rete nazionale è stata considerata la connessione a 30 kV a mezzo di 3 cavi in parallelo da 500 mm² di alluminio. Data la lunghezza del collegamento, circa 19 km, nonché il valore di potenza da trasmettere, 42 MW, la soluzione a 30 kV comporta valori di caduta di tensione e di perdite intollerabili. Si opta pertanto per la soluzione di un collegamento a 150 kV a mezzo di un cavo in XLPE da 400 mm² di sezione di alluminio, che riporta i valori di caduta di tensione e di perdite entro limiti tollerabili.

La sottostazione elevatrice da 30 kV a 150 kV, viene ubicata nell'area attualmente occupata da un ovile in disuso, che si dovrà provvedere ad abbattere.

La sottostazione alloggerà il quadro a 30 kV, cui viene convogliata l'energia prodotta dal secondo grappolo di torri eoliche, oltre all'energia che proviene dalla cabina No. 1 cui afferisce l'energia prodotta dalle torri eoliche del primo grappolo.

Il collegamento viene realizzato con due circuiti in parallelo di cavi 3 x 1 x 500, circuiti che corrono in due trincee separate poste sui lati opposti della sede stradale.

9. Perdite di energia

Essendo le condizioni di produzione differenti durante l'arco dell'anno in quanto dipendenti dalla velocità del vento, abbiamo calcolato il valore dell'energia persa alle varie condizioni di funzionamento degli aerogeneratori, raffrontandola con l'energia prodotta nell'arco di un anno. Risulta che il parco genera una energia equivalente a quella prodotta a piena potenza per un numero di ore pari a 2.750, e le perdite risultano essere quelle che si avrebbero in tali condizioni equivalenti, corrette con un fattore pari a 0,77.

Si riportano i valori calcolati per il parco:

- | | | |
|----|--|----------------|
| a. | Energia persa nel cavidotto Parco: | 640 MWh |
| b. | Energia persa nei trasformatori a vuoto: | 845 MWh |
| c. | Energia totale persa nei trafo WTG a carico: | 592 MWh |
| d. | Energia totale persa nel trafo 30/150 kV a carico: | 116 MWh |
| e. | <u>Energia Persa nel Cavo di collegamento alla Rete:</u> | <u>345 MWh</u> |

Energia Totale persa nel sistema elettrico: 2.539 MWh

Energia prodotta totale: 116.500 MWh

Perdite totali sistema elettrico: 2,18 %