

Università degli Studi di Genova Centro di Servizi Interfacoltà del Polo Universitario di Savona Savona, Italia

**Progettazione Preliminare,
Definitiva ed Esecutiva, per la
Realizzazione di un’Infrastruttura
Sperimentale-Dimostrativa di
Poligenerazione Denominata
“Smart Polygeneration Microgrid”**

**Progetto Esecutivo
Sistema di Protezione
dalle Scariche
Atmosferiche**

Università degli Studi di Genova Centro di Servizi Interfacoltà del Polo Universitario di Savona Savona, Italia

**Progettazione Preliminare,
Definitiva ed Esecutiva, per la
Realizzazione di un'Infrastruttura
Sperimentale-Dimostrativa di
Poligenerazione Denominata
"Smart Polygeneration Microgrid"**

**Progetto Esecutivo
Sistema di Protezione
dalle Scariche
Atmosferiche**

Preparato da	Firma	Data
Alessandro Venturin		Aprile 2012
Andrea Podestà		Aprile 2012
Controllato da	Firma	Data
Gianluca Cassulo		Aprile 2012
Approvato da	Firma	Data
Claudio Mordini		Aprile 2012
Sottoscritto da	Firma	Data
Roberto Carpaneto		Aprile 2012

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Sottoscritto da	Data
0	Prima Emissione	ALV/ANP	GIC	CSM	RC	Aprile 2012

INDICE

	<u>Pagina</u>
ELENCO DELLE FIGURE	II
1 GENERALITÀ	1
1.1 OGGETTO DEL DOCUMENTO	1
1.2 DEFINIZIONI DELLE STRUTTURE DA PROTEGGERE	1
1.3 SIMBOLI E ABBREVIAZIONI	1
2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1 LEGGI	3
2.2 NORME	3
2.3 ALTRI DOCUMENTI	4
3 RIEPILOGO RISULTATI VALUTAZIONE DEL RISCHIO	5
3.1 RISCHI ANALIZZATI	5
3.2 ESITO DELLA VALUTAZIONE	5
4 PALAZZINA DELFINO: SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE	6
4.1 CRITERI SULLA SCELTA DELLE PROTEZIONI	6
4.1.1 Fulminazione Diretta	6
4.1.2 Fulminazione Indiretta	6
4.2 GENERALITÀ SUI METODI DI PROTEZIONE	6
4.2.1 Protezioni Lato Corrente Continua dell'Inverter	8
4.2.2 Protezioni Lato Corrente Alternata dell'Inverter	9
4.2.3 Protezioni delle Altre Linee Entranti nell'Edificio	9

ELENCO DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 4.1: Impianto di Terra – Equipotenzializzazione delle Masse e Installazione SPD	7
Figura 4.2: Estratto dalla Guida Tecnica CEI 82-25 Relativa alla Modalità di Cablaggio di Stringa	9

**PROGETTO ESECUTIVO
SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE
PROGETTAZIONE PRELIMINARE, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, PER LA
REALIZZAZIONE DI UN'INFRASTRUTTURA SPERIMENTALE-
DIMOSTRATIVA DI POLIGENERAZIONE DENOMINATA “SMART
POLYGENERATION MICROGRID”**

1 GENERALITÀ

1.1 OGGETTO DEL DOCUMENTO

Oggetto del presente documento è la descrizione del sistema di protezione contro le scariche atmosferiche da prevedere per le strutture definite in 1.2 presenti all'interno del campus universitario di Savona.

Le misure protettive descritte nei seguenti capitoli sono diretta conseguenza dello studio condotto secondo il procedimento della NRif2 sviluppato in dettaglio nell'elaborato progettuale “Valutazione del rischio dovuto a scariche atmosferiche - Relazione tecnica”.

1.2 DEFINIZIONI DELLE STRUTTURE DA PROTEGGERE

La struttura in oggetto, all'interno del Campus Universitario di Savona, è la palazzina Delfino.

La palazzina Delfino è un edificio esistente ma è stato valutato il rischio di fulminazione a seguito della prevista installazione di un impianto fotovoltaico a tetto.

1.3 SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

A beneficio di praticità viene riportato in Tabella 1.1 un elenco di simboli e abbreviazioni che saranno utilizzati nell'ambito della presente valutazione ed i relativi significati.

Tabella 1.1: Abbreviazioni

L_1	Perdita di vite umane in una struttura
L_2	Perdita di servizio pubblico in una struttura
L_3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura
L_4	Perdita economica in una struttura
R_1	Rischio di perdita di vite umane
R_2	Rischio di perdita di servizio pubblico
R_3	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile
R_4	Rischio di perdita economica
R_A	Componente di rischio: danni ad esseri viventi per fulminazione diretta della struttura
R_B	Componente di rischio: danni materiali per fulminazione diretta della struttura
R_C	Componente di rischio: guasto di impianti interni per fulminazione diretta della struttura
R_M	Componente di rischio: guasto di impianti interni per fulminazione in prossimità della struttura

R_U	Componente di rischio: danno ad esseri viventi per fulminazione sul servizio connesso
R_V	Componente di rischio: danno materiale per fulminazione sul servizio connesso
R_W	Componente di rischio: guasto agli impianti interni per fulminazione sul servizio connesso
R_Z	Componente di rischio: guasto agli impianti interni per fulminazione in prossimità del servizio connesso
R_D	Rischio della struttura per fulminazione della struttura ($R_D = R_A + R_B + R_C$)
R_I	Rischio della struttura per fulminazione indiretta della struttura ($R_I = R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$)
R_O	Rischio di guasto degli impianti interni della struttura ($R_O = R_M + R_C + R_W + R_Z$)
R_S	Rischio della struttura per danno ad esseri viventi ($R_S = R_A + R_U$)
R_T	Rischio tollerabile
LPL	Livello di protezione
LPS	Impianto di protezione
LPZ	Zona in cui è definito l'ambiente elettromagnetico creato dal fulmine
$LEMP$	Impulso elettromagnetico dovuto al fulmine
SPD	Limitatore di sovratensione

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 LEGGI

In base alla destinazione d'uso delle strutture in oggetto, definite in Sezione 1.1, risultano applicabili i seguenti riferimenti legislativi:

- LRif1. D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 “Attuazione dell’art. 1 della legge 3 aprile 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- LRif2. D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 “Disposizioni integrative e correttive del D. Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”;
- LRif3. Legge n. 186/1968: “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici”;
- LRif4. D.M. 16-02-82: “Modificazioni del decreto ministeriale 27 settembre 1965, concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione”;
- LRif5. D.P.R. 380/1, capo V: “Norme per la sicurezza degli impianti”.
- LRif6. D.P.R. n° 462 del 22 ottobre 2001 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici pericolosi”;
- LRif7. “Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative”, approvato con D.L. 26/10/1995 n. 504 ed integrato con le modifiche apportate dal D. Lgs. 02/02/2007 n. 26
- LRif8. Delibera AEEG n. 88/07 “Disposizioni in materia di misura dell’energia elettrica prodotta da impianti di generazione”

2.2 NORME

In base alla destinazione d'uso delle strutture in oggetto e con riferimento all'oggetto del documento di cui in Sezione 1.1, risultano applicabili i seguenti vincoli di normativa tecnica:

- NRif1. CEI EN 62305-1 (Classificazione CEI 81-10/1): “Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali” e successive varianti;
- NRif2. CEI EN 62305-2 (Classificazione CEI 81-10/2): “Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio dovuto al fulmine” e successive varianti;
- NRif3. CEI EN 62305-3 (Classificazione CEI 81-10/3): “Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone” e successive varianti;
- NRif4. CEI EN 62305-4 (Classificazione CEI 81-10/3): “Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture” e successive varianti;
- NRif5. CEI 81-3: “Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d’Italia, in ordine alfabetico”;
- NRif6. CEI 82-25 “Guida alla realizzazione di sistemi di generazione di energia fotovoltaica collegati alle reti elettriche dei sistemi di Media e Bassa Tensione”.

2.3 ALTRI DOCUMENTI

I contenuti del presente documento richiamano i contenuti di documentazione di riferimento consegnata dalla Committenza (identificati con la sigla “DC”).

DCRif1. Dis. En01.3 “Palazzina Nord: pianta copertura” emesso da Agenzia di architettura 5+1 architetti associati in rev. 0 in data maggio 2000;

DCRif2. Dis. AeNsdf004a “Palazzina Nord: prospetti” emesso da Agenzia di architettura 5+1 architetti associati in rev. 0 in data novembre 2005;

DCRif3. Dis. “Campus Savona: planimetria generale” emesso in data 08/06/2011.

3 RIEPILOGO RISULTATI VALUTAZIONE DEL RISCHIO

3.1 RISCHI ANALIZZATI

In base alla destinazione d'uso delle strutture in oggetto definite in Sezione 1.2, risultano prevedibili le seguenti tipologie di perdita:

- Perdita di vite umane L_1
- Perdita economica L_4

Pertanto sono stati valutati i seguenti coefficienti di rischio:

- Rischio di perdita di vite umane R_1
- Rischio di perdita economica R_4

3.2 ESITO DELLA VALUTAZIONE

L'applicazione alle strutture in oggetto del procedimento di calcolo contenuto in Sezione 1.2 ha condotto alle seguenti conclusioni:

- *La palazzina "Delfino" è autoprotetta* contro il rischio di perdita di vite umane, in quanto il coefficiente R_1 calcolato risulta essere inferiore al limite massimo normato di 10^{-5} e non necessita in tal senso di provvedimenti correttivi;
- *La palazzina "Delfino" presenta un coefficiente di rischio di perdita economica R_4 pari a circa $2 \cdot 10^{-2}$.* A livello normativo, a differenza di quanto avviene con il rischio di tipo 1, non viene suggerito alcun limite tollerabile tuttavia, poiché il rischio così calcolato è principalmente connesso a danni di impianti interni per fulminazione indiretta, si è deciso di non accettarlo a priori e di adottare delle misure protettive (SPD su linee entranti).

L'impiego di tali protezioni consente di ridurre il rischio R_4 di due ordini di grandezza ad un valore pari a $8,6 \cdot 10^{-4}$.

4 PALAZZINA DELFINO: SISTEMA DI PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

4.1 CRITERI SULLA SCELTA DELLE PROTEZIONI

Le perdite economiche (L_4) che possono verificarsi nell'impianto a seguito di un evento atmosferico sono associabili a due tipologie di fenomeni:

- fulminazione diretta
- fulminazione indiretta

4.1.1 Fulminazione Diretta

La perdita economica è associata principalmente a danni da incendio dell'edificio stesso o al guasto di apparecchi interni per l'impulso elettromagnetico del fulmine (LEMP).

Il danno può essere limitato soltanto grazie all'installazione di un impianto di protezione contro il fulmine (LPS), costituito dal classico schema captatori-calate-dispersore al fine di intercettare il fulmine, condurlo a terra e scaricarlo nel terreno e da un sistema coordinato di SPD, oppure tramite schermatura degli apparati interni.

Nel caso in questione, poiché dalla valutazione del rischio è emersa una modesta incidenza delle componenti di rischio associate alla fulminazione diretta dell'edificio, è stata considerata non conveniente l'installazione di un LPS.

Tuttavia, a beneficio di sicurezza, si suggerisce la stipula di un'ideale copertura assicurativa.

4.1.2 Fulminazione Indiretta

La perdita economica è associata principalmente a sovratensioni condotte dalle linee entranti all'interno della struttura e al guasto di impianti interni per l'impulso elettromagnetico del fulmine (LEMP).

Il danno può essere limitato tramite l'impiego di scaricatori di tensione (SPD) a protezione delle linee, schermatura dell'edificio, degli apparati interni e tramite accorgimenti nei cablaggi.

La valutazione del rischio e la successiva analisi economica hanno messo in luce la preponderanza delle problematiche associate alla fulminazione indiretta e la convenienza nell'impiego di misure protettive volte al contenimento di tale rischio. Di seguito viene descritta la strategia prevista per realizzare tale obiettivo.

4.2 GENERALITÀ SUI METODI DI PROTEZIONE

Nello schema semplificato di Figura 4.1 sono riassunte le metodologie di protezione che saranno applicate per contrastare gli effetti negativi connessi alla fulminazione, con particolare riguardo all'impianto fotovoltaico di nuova installazione. Per semplicità di rappresentazione lo schema riporta soltanto le connessioni relative al sistema di terra.

Le protezioni sono costituite principalmente dall'equipotenzializzazione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici e dall'installazione nei punti evidenziati di scaricatori di sovratensioni (SPD).

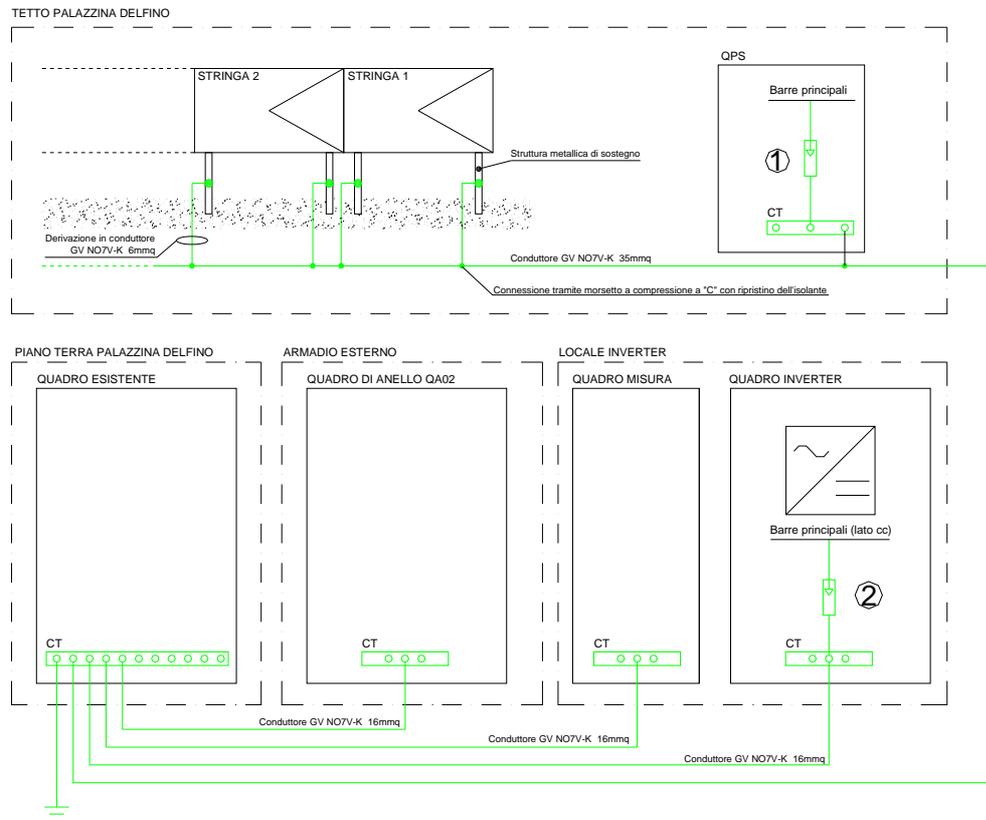


Figura 4.1: Impianto di Terra – Equipotenzializzazione delle Masse e Installazione SPD

L'equipotenzialità sarà ottenuta tramite il collegamento diretto di tutte le masse metalliche all'impianto di terra e il collegamento indiretto tramite scaricatori (SPD) di tutti i sistemi sotto tensione.

Il collegamento equipotenziale dell'impianto fotovoltaico al collettore di terra dell'impianto elettrico attualmente esistente nella palazzina "Delfino" avverrà tramite conduttore di protezione di colore gialloverde di tipo N07V-K di sezione non inferiore a 35 mm². La connessione al conduttore principale delle strutture metalliche portanti dei moduli e del collettore del quadro di parallelo stringhe (QPS) avverrà invece tramite conduttore di protezione gialloverde di tipo N07V-K di sezione non inferiore a 6 mm².

La giunzione di ciascun conduttore da 6mm² alle strutture portanti dovrà essere realizzata mediante impiego di capocorda in rame stagnato imbullonato su foratura appositamente predisposta prima della zincatura a caldo della struttura stessa.

La connessione di tutti i collegamenti equipotenziali al conduttore principale di terra da 35mm² avverrà tramite morsetto a "C" a compressione con ripristino dell'isolante.

La connessione verso terra del sistema elettrico attraverso scaricatori di tensione all'interno del quadro di parallelo stringhe (QPS) avverrà tramite conduttore giallo verde di sezione non inferiore a quanto suggerito dal fornitore degli scaricatori.

Lo schema di principio proposto mette in luce i punti in cui saranno installati i dispositivi di contenimento delle sovratensioni:

- in prossimità dell'ingresso in corrente continua dell'inverter (1);
- all'interno del quadro inverter sul lato ingresso in corrente continua (2).

4.2.1 Protezioni Lato Corrente Continua dell'Inverter

Gli inverter solitamente sono dotati di protezione interna contro le sovratensioni, tuttavia sono previsti ulteriori scaricatori ai morsetti lato corrente continua della macchina, tra conduttori attivi e terra, per migliorare la protezione dell'inverter ed evitarne il fuori servizio a seguito dell'intervento della protezione equipaggiata.

Gli scaricatori da impiegare avranno le seguenti caratteristiche:

- Tipo 2 (Classe II);
- $U_C = 1\text{kV}$ (con U_C tensione di esercizio continuativo);
- $U_P \leq 3,6\text{kV}$ (con U_P livello di protezione);
- $I_{max} \geq 5\text{kA}$ (corrente massima di scarica a 8/20kV);
- Capacità di estinguere la corrente di cortocircuito (con o senza fusibile), superiore alla corrente di cortocircuito nel punto di installazione;
- Costruzione con modulo di protezione estraibile e segnalazione remota dello stato di "intervenuto".

In impianti di estensione limitata la protezione dei moduli fotovoltaici è spesso realizzata dallo stesso scaricatore posto a protezione dell'inverter.

Nel caso in esame, considerata la distanza media dei collegamenti tra il locale inverter e le stringhe fotovoltaiche e il conseguente possibile insorgere di ulteriori sovratensioni indotte nella spira così creata, si rende necessario l'impiego di un'ulteriore protezione da installarsi all'interno del quadro di parallelo stringhe.

Tale scaricatore dovrà essere installato nel rispetto delle indicazioni fornite dal costruttore circa la minima distanza, al fine di garantire il coordinamento energetico, essere caratterizzato da costruzione con modulo di protezione estraibile e segnalazione remota dello stato di "intervenuto".

Dovranno inoltre essere poste in atto metodologie di installazione che consentano di minimizzare il flusso concatenato del campo magnetico indotto dal fulmine: a tal fine i conduttori in campo saranno posati entro canali metallici con coperchio, e dovranno essere realizzati collegamenti in maniera tale che l'area della spira formata sia minima, oppure formando due anelli nei quali la corrente circoli in versi opposti.

A beneficio di chiarezza in Figura 4.2 è fornita, quale estratto da NRif6, una schematizzazione tipica di tali modalità di collegamento.

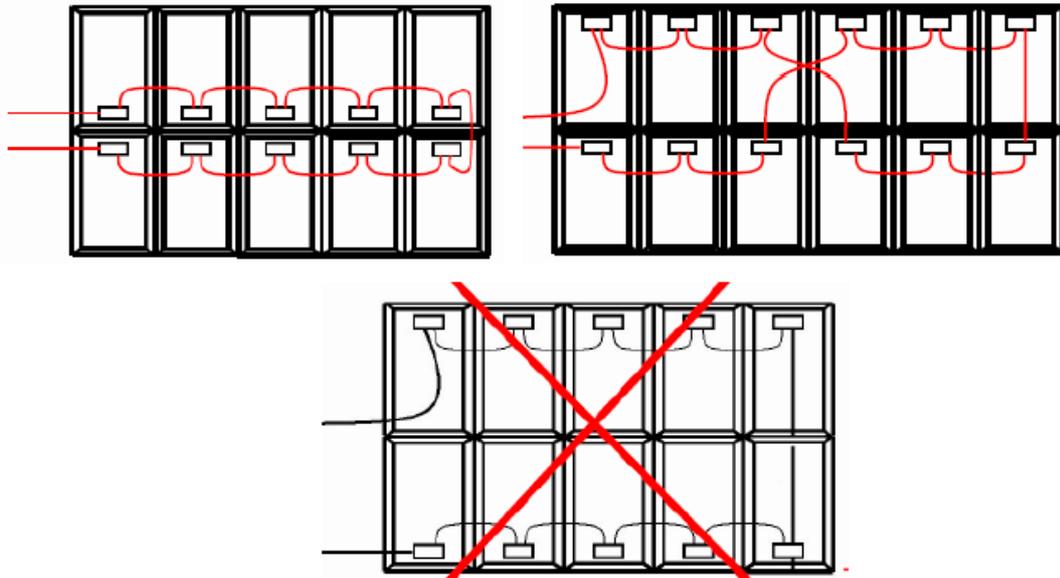


Figura 4.2: Estratto dalla Guida Tecnica CEI 82-25 Relativa alla Modalità di Cablaggio di Stringa

4.2.2 Protezioni Lato Corrente Alternata dell'Inverter

Alla luce dello schema di installazione desumibile dalla documentazione di progetto, non sono ritenute necessarie ulteriori misure di protezione sul lato in corrente alternata dell'inverter.

4.2.3 Protezioni delle Altre Linee Entranti nell'Edificio

Nella valutazione del rischio svolta per l'edificio non è stata presa in considerazione, a beneficio di sicurezza, l'eventuale presenza di protezioni volte a limitare le sovratensioni sulle linee di potenza/segnale esistenti.

Qualora tali misure non siano effettivamente presenti, se ne consiglia l'installazione. Ad esempio per il quadro principale 400Vca le protezioni dovrebbero avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo 2 (Classe II);
- $U_C \geq 275V$ (con U_C tensione di esercizio continuativo);
- $U_P \leq 1,25kV$ (con U_P livello di protezione);
- $I_{max} \geq 10kA$ (corrente massima di scarica a 8/20kV);
- Capacità di estinguere la corrente di cortocircuito (con o senza fusibile), superiore alla corrente di cortocircuito nel punto di installazione;
- Costruzione con modulo di protezione estraibile e segnalazione remota dello stato di "intervento".

ALV/ANP/GIC/CSM/RC:mcs