

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:



SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI - BARI**  
**RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA**  
**I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA**  
IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE  
IE10 - STAZIONE DI HIRPINIA FV01

Studio di selettività e coordinamento interruttori

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio HIRPINIA AV Il Direttore Tecnico Ing. Vincenzo Moriello  21/02/2020	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	<b>Alpina</b> Sp.A.  Ing. Paola Erba

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
IF28	01	E	ZZ	CL	LF1000	002	A	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	F. Fantinato	21/02/2020	P. Perrotta	21/02/2020	M. Vernaleone	21/02/2020	Ing. Paola Erba

21/02/2020

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF1000 002</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>2 di 14</b>

## Indice

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DENOMINAZIONI ED ABBREVIAZIONI UTILIZZATE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>ELENCO DEI QUADRI ELETTRICI PREVISTI.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>CRITERI DI COORDINAMENTO INTERRUTTORI.....</b>	<b>5</b>
5.1	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICA A SOVRACCARICO DEI CAVI .....</b>	<b>6</b>
5.2	<b>VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE .....</b>	<b>6</b>
5.3	<b>VERIFICA CONTATTI INDIRETTI .....</b>	<b>7</b>
5.4	<b>VERIFICHE DI COORDINAMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>CRITERI DI SELETTIVITA' E TARATURA .....</b>	<b>8</b>
6.1	<b>APPARECCHIATURE DI MEDIA TENSIONE.....</b>	<b>8</b>
6.1.1	<b>REGOLAZIONI DELLA PROTEZIONE GENERALE MT .....</b>	<b>8</b>
6.1.2	<b>PROTEZIONE LATO MT TRASFORMATORI.....</b>	<b>9</b>
6.1.3	<b>PROTEZIONE TERMICA TRASFORMATORI.....</b>	<b>11</b>
6.2	<b>APPARECCHIATURE DI BASSA TENSIONE.....</b>	<b>11</b>
6.2.1	<b>PROTEZIONE GENERALE LATO BT TRASFORMATORI .....</b>	<b>11</b>
6.2.2	<b>SELETTIVITÀ PER GUASTI DI FASE .....</b>	<b>11</b>
6.2.3	<b>REGOLE GENERALI DI SELETTIVITÀ.....</b>	<b>12</b>
6.2.4	<b>SELETTIVITÀ DELLE PROTEZIONI DIFFERENZIALI.....</b>	<b>14</b>



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF1000 002</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>4 di 14</b>

Eventuali altri acronimi potranno essere introdotti solo dopo che siano stati definiti, tra parentesi, accanto alla definizione estesa del proprio significato.

### 3 LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

Gli impianti oggetto dell'appalto, nel loro complesso e nei singoli componenti, dovranno essere in conformità alla legislazione ed alla normativa vigente al momento dell'esecuzione del progetto stesso. In particolare:

#### Generali

- Normative, Leggi, Decreti Ministeriali dello Stato cogenti
- Normative, Leggi e Circolari dell'Unione Europea
- Normative e Regolamenti regionali o comunali cogenti
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dell'Interno
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici
- Disposizioni dei Vigili del Fuoco, prescrizioni e raccomandazioni del locale comando competente per territorio
- Leggi, regolamenti e circolari e regole tecniche
- Prescrizioni e raccomandazioni della ASL competente per territorio
- Prescrizioni di ARERA
- Prescrizioni dell'ente distributore locale

In particolare:

- Legge n° 186 del 01/03/1968 riguardante la produzione di apparecchi elettrici, macchine ed installazioni elettriche
- DM. n° 37 del 22/01/08 "Sicurezza degli impianti elettrici, regole per la progettazione e realizzazione, ambiti di competenze professionali"
- D.Lgs. n° 81 del 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza")
- D.Lgs. n° 106 del 3 agosto 2009 recante "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- Regolamento (UE) del Parlamento Europeo e del consiglio 305/2011
- Regolamento (UE) n. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014, relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Prescrizioni delle Norme Tecniche ENEL

#### Norme CEI

- Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- Norma CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, linee in cavo

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>5 di 14</b>

- Norma CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 Volt in corrente alternata e 1.500 Volt in corrente continua
- Norma CEI EN 61439: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)
- Norma CEI EN 60947-2: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici
- Norma CEI EN 60898-1: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 1: Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata
- Norme CEI CT 17 (quadri elettrici)
- Norma CEI EN 50122-1 (CEI 9-6): Applicazioni ferroviarie - Installazioni fisse. Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra
- Norma CEI EN 60909-0: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata - Parte 0: Calcolo delle correnti
- Norma CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale
- Tabelle CEI-UNEL per il dimensionamento dei cavi elettrici

## 4 ELENCO DEI QUADRI ELETTRICI PREVISTI

Nell'ambito del sito in oggetto, i quadri elettrici previsti e oggetto del presente documento, sono i seguenti:

### Cabina elettrica

- QMT (Locale MT)
- QGBT (Locale BT – Batterie)
- QRED (Locale BT – Batterie)

### Locale pompe (Vasca antincendio)

- QFFP, derivato dal QGBT (Locale pompe al piano terra)

### Fabbricato Tecnologico (FT)

- QFT, derivato dal QGBT (Locale tecnico al piano primo)
- QIAP, derivato dal QGBT (Locale TLC al piano terra)

### Fabbricato Viaggiatori (FV)

- QFV, derivato dal QGBT (Locale tecnico al piano terra)
- QHVAC, derivato dal QGBT e dal QFV (Locale tecnico al piano primo)
- QBB, derivato dal QFV (Locale "bike-box" al piano terra)
- QTB, derivato dal QFV (Locale "terminal bus" al piano terra)
- QFSA, derivato dal QGBT (Fabbricato FSA – vedi documento specifico)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>6 di 14</b>

## 5 CRITERI DI COORDINAMENTO INTERRUITORI

### 5.1 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA A SOVRACCARICO DEI CAVI

Con riferimento alla Norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

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

$$b) \quad I_f \leq 1.45 \cdot I_z$$

dove:

- $I_b$  = Corrente di impiego del circuito
- $I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_z$  = Portata in regime permanente della conduttura
- $I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione (1.45  $I_n$  secondo CEI 23-3 e 1.30  $I_n$  secondo CEI EN 60947-2)

L'individuazione della portata si effettua utilizzando le seguenti tabelle di posa assegnate ai cavi:

- CEI 64-8 Tabella 52C (esempi di condutture);
- CEI-UNEL 35024/1 (portata dei cavi isolati in PVC ed EPR);
- CEI-UNEL 35026 (portata dei cavi interrati).

I valori di portata sono riferiti alle condizioni di posa assunte nel progetto.

Per ulteriori dettagli si rinvia alla pertinente "Relazione Tecnica e di Calcolo impianti luce e forza motrice".

### 5.2 VERIFICA DELLA PROTEZIONE A CORTOCIRCUITO DELLE CONDUTTURE

Con riferimento alla 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti", le caratteristiche e le tarature delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare la seguente condizione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

dove:

- $I$ : corrente di corto circuito [A] espressa in valore efficace
- $t$ : durata del corto circuito
- $S$ : sezione del conduttore [mm<sup>2</sup>];
- $K$ : coefficiente che dipende dal tipo di cavo e dall'isolamento

Pertanto, l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve.

Devono essere pertanto verificate le seguenti condizioni:

- $I_{ccmin} \geq I_{intersmin}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
- $I_{ccmax} \leq I_{intersmax}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>7 di 14</b>

L'intersezione è unica se la protezione è costituita da un fusibile ed è sufficiente la verifica della condizione seguente:

- $I_{ccmin} \geq I_{inters} \text{ min.}$

L'intersezione è unica anche nel caso di protezione costituita da un interruttore automatico idoneo per la protezione da sovraccarico ed è quindi sufficiente la verifica della condizione seguente:

- $I_{ccmax} \leq I_{inters} \text{ max.}$

Nel caso più generale di utilizzo di interruttori automatici, la protezione a corto circuito dei cavi è realizzata tramite l'intervento per corto circuito massimo ad inizio linea con la soglia istantanea, o di corto ritardo, dei relè associati.

Il coordinamento per corto circuito, congiuntamente al coordinamento per sovraccarico, può anche essere verificato graficamente, qualora la curva  $I^2t$  del cavo risulti posta al di sopra della curva dell'interruttore, per tutti i possibili valori di corrente (al limite  $I_{ccmax}$ ).

Per ulteriori dettagli si rinvia alla pertinente "Relazione Tecnica e di Calcolo impianti luce e forza motrice".

### 5.3 VERIFICA CONTATTI INDIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti deve essere garantita secondo i criteri descritti dalla Norma CEI 64-8, relativamente ai diversi sistemi di distribuzione.

Nel caso specifico di sistema TN, qualora la protezione sia affidata all'apertura automatica del circuito in caso di guasto, dovrà essere garantito un tempestivo intervento delle protezioni di massima corrente degli interruttori preposti alla protezione delle linee e, laddove ciò non risultasse possibile, tramite protezioni di tipo differenziale.

La Norma impone la verifica della seguente condizione:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_g}$$

dove:

- $U_0$  è la tensione di fase (stellata)
- $Z_g$  è l'impedenza dell'anello di guasto
- $I_a$  è la corrente di intervento entro i tempi previsti dalla Norma

I tempi di intervento (dipendenti dalla tensione nominale), sono indicati nella tabella seguente (rif. CEI 64-8/4 tab.41A):

<b>U<sub>0</sub>[V]</b>	<b>Tempo di interruzione [s]</b>
120	0.8
230	0.4
400	0.2
>400	0.1

I dati in tabella sono validi per circuiti terminali protetti da dispositivi con corrente nominale non superiore a 32 A.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF28</b>	<b>LOTTO</b> <b>01</b>	<b>CODIFICA</b> <b>E ZZ CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>LF1000 002</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>8 di 14</b>

Tempi di interruzione convenzionali non superiori a 5 s sono ammessi negli altri casi.

Se il dispositivo di protezione è equipaggiato con una protezione differenziale, la corrente utilizzata per la verifica è la soglia di intervento nominale del dispositivo differenziale.

In presenza di eventuali relè differenziali regolabili con doppia soglia, la soglia di riferimento sarà quella relativa allo sgancio (seconda soglia), mentre la prima soglia (tarata in percentuale della seconda soglia) potrà essere utilizzata per allarme e/o segnalazione.

## 5.4 VERIFICHE DI COORDINAMENTO

Si rinvia all'allegato 1 del pertinente elaborato "Relazione Tecnica e di Calcolo impianti luce e forza motrice" per i dettagli in merito al coordinamento relativo alle singole partenze dei quadri elettrici oggetto del presente elaborato; eventuali ulteriori approfondimenti circa le tarature da applicare a specifiche protezioni saranno sviluppati nella successiva fase di Progettazione Esecutiva di Dettaglio (PED).

## 6 CRITERI DI SELETTIVITA' E TARATURA

### 6.1 APPARECCHIATURE DI MEDIA TENSIONE

Lo studio di dettaglio relativo alla selettività delle protezioni di Media Tensione, sarà sviluppato nella successiva fase di Progettazione Esecutiva di Dettaglio (PED), a partire dai principi enunciati nei paragrafi che seguono.

#### 6.1.1 Regolazioni della Protezione Generale MT

La CEI 0-16 indica le seguenti regolazioni minime che il Distributore può richiedere al punto di consegna; l'utente non può regolare la PG a valori maggior di quelli richiesti dal Distributore (salvo esplicita deroga dello stesso).

In alcuni casi specifici (ad es. utenti con potenza impegnata rilevante), se tecnicamente possibile, è previsto di concordare regolazioni differenti con il Distributore (sempre comunque non inferiori ai valori minimi).

##### Massima corrente (51-50):

- Prima soglia I> (51): attivazione opzionale, da concordare con il Distributore
- Seconda soglia I>> (50): 250 A, tempo estinzione 0.5 s
- Terza soglia I>> (50): 600 A, tempo di estinzione 0.12 s

##### Massima corrente omopolare (51N-50N):

###### Neutro isolato

- Prima soglia I0> (51N): 2 A, tempo di estinzione 0.17 s
- Seconda soglia I0>> (50N): 140% della corrente di guasto monofase a terra comunicata dal Distributore, tempo di estinzione 0.17 s

###### Neutro compensato

- Prima soglia I0> (51N): 2 A, tempo di estinzione 0.45 s
- Seconda soglia I0>> (50N): 140% della corrente di guasto monofase a terra comunicata dal Distributore, tempo di estinzione 0.17 s

##### Direzionale di terra (67N):

Prima soglia (neutro isolato): 2A, U0> 2V, settore 60°...120°, tempo di estinzione 0.17 s

Seconda soglia (neutro compensato): 2A, U0> 5V, settore 60°...250°, tempo di estinzione 0.45 s

Per tempo di estinzione si intende la somma del tempo di intervento della protezione e del tempo di apertura dell'interruttore, fino alla completa estinzione della corrente



APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A.	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A.                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.	<b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Studio di selettività e coordinamento interruttori	COMMESSA IF28	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ CL	DOCUMENTO LF1000 002	REV. A	FOGLIO 9 di 14

## 6.1.2 Protezione lato MT trasformatori

Le protezioni in oggetto dovranno essere coordinate con le protezioni a valle degli stessi asservite alle partenze dai quadri generali di bassa tensione.

Compatibilmente con le protezioni a monte si cercherà di ottenere, per quanto possibile, la selettività con le protezioni generali di bassa tensione, tuttavia si evidenzia che l'intervento indistintamente delle protezioni di trasformatore lato MT o bt comporta il medesimo fuori servizio.

Nonostante ciò, si preferisce demandare la protezione a sovraccarico del singolo trasformatore alla centralina termometrica dello stesso ed all'interruttore generale del quadro BT (Power Center).

Per la protezione a corto circuito saranno utilizzati i seguenti criteri:

- l'intervento per guasto lato MT dovrà essere rilevato e interrotto in tempo istantaneo;
- l'intervento della protezione MT per guasto trifase sul quadro generale BT (corrente  $I_k$  a 400 V) sarà ritardato al fine di consentire l'intervento selettivo da parte degli interruttori a valle;
- la protezione MT dovrà intervenire per guasto fase-fase sul lato BT (corrente  $I_{k2}$  a 400 V) nel caso di guasto a monte dell'interruttore generale BT e pertanto non rilevato dallo stesso.

Nei trasformatori con collegamento triangolo-stella il guasto fase-fase BT richiama al primario i seguenti valori di corrente (con  $m$  che rappresenta il rapporto di trasformazione):

$$I'_{k2} = \frac{I_{k2}}{\sqrt{3} \cdot m} = \frac{\sqrt{3}/2 \cdot I_k}{\sqrt{3} \cdot m} = \frac{I_k}{2 \cdot m} \text{ su due fasi}$$

$$I'_{k2} = \frac{2 \cdot I_k}{\sqrt{3} \cdot m} = \frac{I_k}{m} \text{ sulla terza fase}$$

Sarà preso come riferimento il valore minore tra i due, considerando un abbassamento della tensione del 5% per il calcolo delle correnti minime (rif. CEI 11-25):

$$I'_{k2\min} = 0.95 \frac{I_k}{2 \cdot m}$$

- la protezione MT dovrà intervenire per guasto fase-neutro sul lato BT (corrente  $I_{k1}=I_k$  a 400 V) nel caso di guasto a monte dell'interruttore generale BT, pertanto non rilevato dallo stesso. Inoltre tale guasto non risulta rilevato nemmeno dall'eventuale protezione di guasto a terra (51N con toroide sul centro stella del trasformatore).

Nei trasformatori con collegamento triangolo-stella il guasto monofase BT richiama al primario il seguente valore di corrente (con  $m$  che rappresenta il rapporto di trasformazione):

$$I'_{k1} = \frac{I_k}{\sqrt{3} \cdot m} \text{ su due fasi}$$

Considerando un abbassamento della tensione del 5% per il calcolo delle correnti minime (rif. CEI 11-25):

$$I'_{k1\min} = 0.95 \frac{I_k}{\sqrt{3} \cdot m}$$

- la protezione MT dovrà intervenire con un ritardo tale da garantire selettività con le protezioni differenziali a valle per guasto fase-terra o fase-PE sul lato BT (corrente  $I_{k1}=I_k$  a 400 V).

Nei trasformatori con collegamento triangolo-stella il guasto monofase BT richiama al primario i seguenti valori di corrente (con  $m$  che rappresenta il rapporto di trasformazione):

$$I'_{k1} = \frac{I_k}{\sqrt{3} \cdot m} \text{ su due fasi}$$

Considerando un aumento della tensione del 10% per il calcolo delle correnti massime (rif. CEI 11-25):

APPALTATORE: Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>10 di 14</b>

$$I'_{k1\min} = 1.1 \frac{I_k}{\sqrt{3} \cdot m}$$

Per ciascun valore della corrente di guasto, per tutti i casi di corto circuito possibili, non si dovrà avere il superamento dell'energia massima passante tollerabile per il trasformatore.

A tal proposito, con riferimento alla Norma CEI 99-4 e alle norme di prodotto, il tempo di interruzione per guasto ai morsetti secondari del trasformatore (guasto passante) non dovrà superare i 2 secondi.

Per ciascun trasformatore, nel grafico che riporta la curva di intervento della protezione MT (piano corrente-tempo), tale vincolo può essere rappresentato da una retta a  $I^2t$  costante, a partire dalla corrente nominale fino alla corrente  $I_k = I_k/m$ . In corrispondenza di quest'ultimo valore il tempo sarà pari a 2 s.

### Inrush Trasformatori

Le tarature dovranno essere tali da non determinare l'apertura degli interruttori durante l'inserzione dei trasformatori.

Le curve di intervento delle protezioni MT dovranno pertanto essere compatibili con le curve di inserzione (inrush) dei trasformatori.

La valutazione può essere fatta secondo estendendo, cautelativamente, ai trasformatori MT/bt in resina il metodo semplificato descritto dalla Norma CEI 99-4 per i trasformatori di distribuzione in olio e di seguito descritto:

La Norma prevede per la corrente di inserzione il seguente andamento:

$$I = \frac{i_{oi}}{\sqrt{2}} e^{-t/\tau_i}$$

Con

$$i_{oi} = K_i \cdot I_n$$

E con il seguente significato dei simboli:

- $I(t)$ : corrente di inserzione al variare del tempo
- $K_i$ : coefficiente che dipende dalla taglia del trasformatore
- $I_n$ : corrente nominale del trasformatore
- $\tau_i$ : costante di tempo del trasformatore

I valori di  $K_i$  e  $\tau_i$  indicati dalla Norma, in funzione della potenza nominale del trasformatore, sono i seguenti:

<b>S [kVA]</b>	<b>K<sub>i</sub></b>	<b>τ<sub>i</sub></b>
50	15	0.10
100	14	0.15
160	12	0.20
250	12	0.22
400	12	0.25
630	11	0.30
1000	10	0.35
1600	9	0.40
2000	8	0.45

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>11 di 14</b>

### 6.1.3 Protezione termica trasformatori

Durante l'esercizio i trasformatori possono andare incontro a disservizi e guasti determinati da una serie di fattori, tra cui:

- una temperatura ambiente superiore a quella di progetto
- presenza di sovraccarichi non previsti in fase progettuale
- un insufficiente ricambio d'aria e/o raffreddamento o una non corretta direzione del flusso della stessa attraverso gli avvolgimenti

La protezione termica è utilizzata per ovviare a questi inconvenienti e deve tenere conto dei seguenti fattori:

- tolleranza dei rilevatori termici utilizzati
- differenza di temperatura tra il punto più caldo degli avvolgimenti e la posizione dei rilevatori stessi

Per i trasformatori in resina in classe F (limite di temperatura 140°C – 100+40°C di temperatura ambientale) i costruttori consigliano generalmente i seguenti valori di taratura per le soglie della centralina termometrica:

- avviamento/arresto eventuali ventilatori (con sonde a bordo trasformatore): 90...120°C
- avviamento/arresto eventuali ventilatori (con sonda in ambiente): 30...40°C
- allarme: 130...140°C
- sgancio: 140...150°C

Per ciascun trasformatore installato nell'impianto, tali valori dovranno comunque essere confermati sulla base delle caratteristiche specificate dal fornitore dello stesso.

## 6.2 APPARECCHIATURE DI BASSA TENSIONE

Lo studio di dettaglio relativo alla selettività delle protezioni di Bassa Tensione, sarà sviluppato nella successiva fase di Progettazione Esecutiva di Dettaglio (PED), a partire dai principi enunciati nei paragrafi che seguono.

### 6.2.1 Protezione generale lato BT trasformatori

Come detto in precedenza, la protezione per sovraccarico del trasformatore è affidata generalmente all'interruttore generale del quadro BT (Power Center) congiuntamente alla centralina termometrica.

La prima soglia del relè viene normalmente impostata in modo tale da consentire un limite di sovraccarico al trasformatore pari a circa il 10%.

### 6.2.2 Selettività per guasti di fase

La selettività consiste nell'assicurare il coordinamento tra le caratteristiche di funzionamento di due interruttori installati in serie, uno a monte D1 ed uno a valle D2, in modo che, in caso di guasto a valle, intervenga solo l'interruttore installato immediatamente a monte del guasto stesso.

Essa è stata verificata sulla base di tabelle fornite dal costruttore che indicano il limite di selettività ( $I_s$ ) in termini di valore massimo in corrente (in kA) oltre il quale la selettività non viene garantita. Le tabelle riportano i risultati di adeguate prove eseguite secondo allegato A della Norma CEI EN 60947-2.

La selettività tra due protezioni BT può essere parziale o totale. Più precisamente:

- selettività parziale quando il valore limite di selettività ( $I_s$ ) è inferiore al massimo valore di corrente di cortocircuito presunto nel punto di installazione dell'interruttore di valle D2:  $I_s < I_{ccD2}$
- selettività totale, ovvero apre sempre e solo D2, quando il valore limite di selettività ( $I_s$ ) è superiore al massimo valore di corrente di cortocircuito presunto nel punto di installazione dell'interruttore di valle D2:  $I_s > I_{ccD2}$

La selettività si può ottenere tramite diverse tecniche:

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>12 di 14</b>

- selettività amperometrica: legata direttamente alla differenziazione delle soglie di intervento di D1 e D2; essa sfrutta la differenza delle correnti di guasto tra i punti dell'impianto dove sono installati D1 e D2
- selettività cronometrica: costituisce un ampliamento della selettività amperometrica che si ottiene differenziando i tempi di intervento dei dispositivi di intervento, ovvero introducendo un tempo di ritardo nel tempo di intervento di D1 rispetto a D2
- selettività energetica: consente di migliorare/prolungare la selettività amperometrica-cronometrica di cui ai punti precedenti sfruttando l'eventuale potere di limitazione della corrente di corto circuito da parte dell'interruttore a valle; essa viene indicata dal costruttore dei dispositivi di protezione sulla base di opportune prove
- selettività logica ottenuta tramite l'invio di un segnale di blocco tra le diverse protezioni in cascata (da valle a monte) mediante filo pilota. Tale tecnica, non prevista nel caso di cui trattasi, può essere applicata solo utilizzando particolari sganciatori di tipo elettronico che consentono una temporizzazione delle protezioni al fine di dare loro il tempo necessario per lo scambio delle informazioni (circa 100 ms). La selettività logica è "per costruzione" sempre totale

Mentre la selettività amperometrica e cronometrica si possono teoricamente verificare studiando le curve di intervento di D1 e D2 (curve tempo/corrente) la selettività energetica, che trova applicazione per elevati valori di corrente (laddove le curve di intervento si sovrappongono), può solo essere garantita dal costruttore mediante prove i cui risultati risultano evidenziati nelle tabelle di selettività citate in precedenza.

Nella pratica, poiché le varie tecniche di selettività sono congiuntamente contemplate nelle tabelle del costruttore, la verifica del coordinamento delle protezioni BT ai fini della selettività si esegue con riferimento alle tabelle stesse.

Va comunque precisato che esse sono direttamente applicabili in determinate condizioni che lo stesso costruttore specifica a margine delle stesse.

Si precisa che quando nelle tabelle viene indicata una selettività totale tra due dispositivi D1 e D2 si intende che essa risulta garantita sino al valore del potere di interruzione ( $I_{cn}$ ,  $I_{cu}$  ovvero di  $I_{cw}$  per gli interruttori di categoria B) di D2.

Inoltre, quando la selettività fra due apparecchi è di tipo amperometrico, cioè pari alla soglia magnetica (corto ritardo o istantanea) dell'interruttore di monte D1, il valore letto nelle tabelle del costruttore corrisponde alla massima regolazione della soglia magnetica stessa.

### 6.2.3 Regole generali di selettività

In linea generale, fermo restando la necessità di verifica attraverso le tabelle sopra menzionate, per ottenere selettività tra due dispositivi (uno a monte ed uno a valle) devono essere rispettate, per i diversi tipi di guasto, le condizioni di seguito specificate.

#### Protezione contro i sovraccarichi (selettività amperometrica)

La selettività in sovraccarico, con limite di selettività ( $I_s$ ) pari a  $I_{sd1}$ , è di tipo amperometrico e si ottiene quando valgono le seguenti due condizioni:

- $I_{r1} > 2 \cdot I_{r2}$
- $I_{sd1} > 1,5 \cdot I_{sd2}$  (o  $I_{l1} > 2 \cdot I_{l2}$  nel caso di soglia magnetica istantanea)

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>HIRPINIA AV                      SALINI IMPREGILO S.P.A.    ASTALDI S.P.A</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>						
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING S.P.A.    ALPINA S.P.A.</b>		COMMESSA <b>IF28</b>		LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>13 di 14</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>								

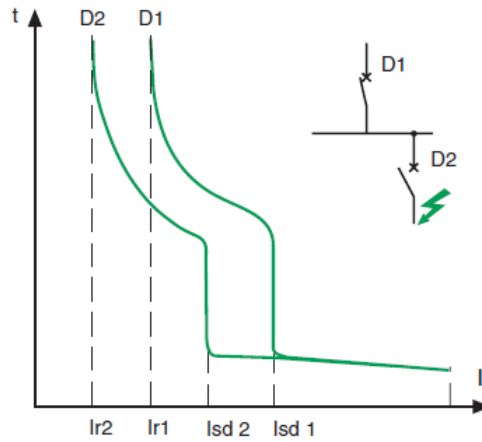


Figura: Esempio di selettività amperometrica

Ovviamente, in questo caso, quando risulta  $I_s = I_{sd1} > I_{ccD2}$  la selettività è totale.

La selettività amperometrica si ha quindi facilmente per bassi valori di  $I_{ccD2}$  e per significative differenze tra le taglie di D1 e D2, ovvero nel caso della distribuzione terminale.

Protezione contro le correnti di cortocircuito “ridotte” (selettività crono-amperometrica)

La selettività per correnti modeste di cortocircuito, con limite di selettività ( $I_s$ ) pari alla soglia istantanea  $I_{i1}$  di D1, è di tipo crono-amperometrico e si ottiene quando, oltre alle condizioni per la selettività di tipo amperometrico sopra precisate, si ha la differenza di almeno un gradino di temporizzazione tra l'intervento del corto ritardo ( $t_{sd1}$ ) di D1 e l'intervento del corto ritardo ( $t_{sd2}$ ) di D2.

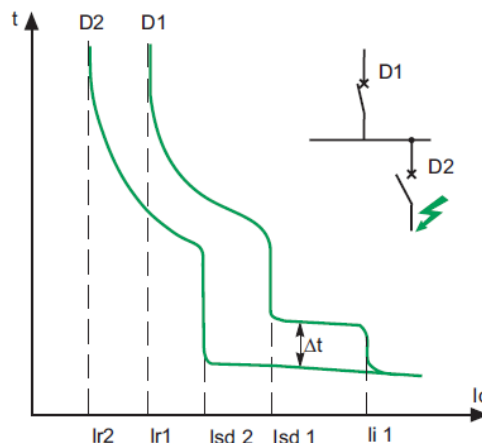


Figura: Esempio di selettività crono-amperometrica

Qualora l'interruttore a monte D1 sia di categoria B, e la relativa soglia istantanea  $I_{i1}$  sia disattivata o superiore alla sua ( $I_{cw}$ ), il limite di selettività è pari a quest'ultimo valore ( $I_s = I_{cw1}$ ).

Ovviamente quando risulta  $I_s = I_{i1}$  (o  $I_s = I_{cw1}$ )  $> I_{ccD2}$  la selettività è totale.

Nel caso sopra evidenziato (ovvero interruttore a monte D1 di categoria B con soglia istantanea  $I_{i1}$  disattivata o superiore alla sua  $I_{cw}$ ) qualora l'interruttore D1 abbia  $I_{cw1} = I_{cu1}$  la selettività è ovviamente totale in quanto  $I_{cu1} > I_{ccD1} > I_{ccD2}$ .

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>HIRPINIA AV</b> <b>SALINI IMPREGILO S.P.A.</b> <b>ASTALDI S.P.A.</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE – HIRPINIA</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING S.P.A.</b> <b>ALPINA S.P.A.</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>Studio di selettività e coordinamento interruttori</b>	COMMESSA <b>IF28</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>E ZZ CL</b>	DOCUMENTO <b>LF1000 002</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>14 di 14</b>

#### Protezione contro le correnti di cortocircuito “elevate” (selettività energetica)

Grazie al potere di limitazione dell'interruttore a valle la corrente “reale” di corto circuito lasciata passare in caso di guasto risulta limitata rispetto alla corrente di corto circuito presunta.

Ne consegue che il limite di selettività amperometrica-cronometrica (Is) di cui ai punti precedenti dell'associazione D1+D2 viene portato ad un valore tanto maggiore quanto più elevato è il potere di limitazione dell'interruttore a valle.

La presente tecnica (uso di interruttore limitatore a valle) consente di ottenere la selettività totale qualora le regolazione delle soglie di D1 (Isd1 o li1) risultino troppo basse rispetto alla lccD2.

Essa è applicabile quando:

- Taglia (o calibro) interruttore a monte > 2,5 Taglia (o calibro) interruttore a valle

#### **6.2.4 Selettività delle protezioni differenziali**

Per quanto concerne la selettività delle protezioni differenziali di tipo verticale, nel caso di guasti d'isolamento, essa sarà verificata sulla base delle tabelle fornite dai costruttori.

Si possono comunque stabilire delle regole di carattere generale; più precisamente, le condizioni sufficienti perché sussista la selettività verticale fra due dispositivi differenziali in serie sono:

- il rapporto tra la soglia di intervento del dispositivo differenziale a monte e la soglia di intervento del dispositivo differenziale a valle deve essere pari a circa 2
- il tempo minimo di non intervento del dispositivo differenziale a monte deve essere superiore al tempo massimo di intervento del dispositivo differenziale a valle per tutti i valori di corrente

Qualora la protezione per guasto a terra sia implementata nelle logiche di protezione per guasti di fase (es. funzione G), generalmente negli interruttori generali di quadro, potranno essere impostate delle soglie meno sensibili, selettive con le protezioni differenziali a valle.