

CRITERI GENERALI DI PROTEZIONE DELLE RETI A TENSIONE UGUALE O SUPERIORE A 110 kV

Storia delle revisioni		
Rev.00	25/05/2001	Prima emissione
Rev.01	19/07/2004	Revisione generale
Rev.02	25/07/2018	Revisione generale dei criteri di protezione delle linee aeree ed in cavo, degli impianti isolati in SF6 e degli stalli Arrivo Utente. Aggiunti i Capitoli relativi alle protezioni dei TR AT/MT, delle Batterie di Condensatori, dei Reattori Shunt e dei PST ed i criteri di applicazione della doppia protezione 87L/21 su linee corte.

1. OGGETTO E SCOPO	6
2. CAMPO DI APPLICAZIONE.....	6
3. RIFERIMENTI	6
4. ABBREVIAZIONI E CODICI NUMERICI.....	7
5. DEFINIZIONI.....	9
6. REQUISITI DEL SISTEMA ELETTRICO E CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE	12
6.1. ESAME DEI REQUISITI DI RAPIDITÀ	12
6.1.1. <i>Requisiti di stabilità transitoria.....</i>	<i>12</i>
6.1.2. <i>Esigenze di salvaguardia degli impianti.....</i>	<i>12</i>
6.1.3. <i>Conclusioni sui tempi di eliminazione dei guasti.....</i>	<i>13</i>
6.2. CONSIDERAZIONI SULLA SELETTIVITÀ	13
6.3. CONSIDERAZIONI SULLA RISERVA E SULLA RIDONDANZA	14
6.4. FUNZIONE DI PROTEZIONE E FUNZIONE DI CONTROLLO	15
7. AZIONI DELLE PROTEZIONI: SCATTO, BLOCCO, ALLARME.....	16
7.1. AZIONI DI COMANDO DELLE PROTEZIONI.....	16
7.2. AZIONI DI SEGNALAZIONE DELLE PROTEZIONI	16
8. CRITERI DI PROTEZIONE	17
8.1. CONSIDERAZIONI GENERALI SU RIDONDANZA E RISERVA.....	17
8.2. PROTEZIONI DI LINEA NUMERICHE MULTIFUNZIONE	18
8.3. SCHEMI DI TELEPROTEZIONE (O DI TELEPILOTAGGIO).....	19
8.4. PROTEZIONE CONTRO LA MANCATA APERTURA INTERRUTTORE (MAI)	20
8.5. RICHIUSURA RAPIDA AUTOMATICA (RRA) E RICHIUSURA LENTA AUTOMATICA (RLA) DELLE LINEE.....	21
8.5.1. <i>Richiusura Rapida Automatica (RRA)</i>	<i>21</i>
8.5.2. <i>Richiusura LENTA Automatica (RLA).....</i>	<i>21</i>
8.6. FUNZIONI ACCESSORIE DELLE PROTEZIONI DI LINEA DI TIPO NUMERICO.....	22
8.6.1. <i>Protezione di massima corrente di riserva.....</i>	<i>22</i>
8.6.2. <i>Protezione di massima corrente di emergenza.....</i>	<i>22</i>
8.6.3. <i>Voltage Transformer Supervision (VTS).....</i>	<i>22</i>
8.6.4. <i>Rilevazione di fase interrotta (Broken conductor)</i>	<i>23</i>
8.6.5. <i>Scatto su comando di chiusura interruttore in presenza di guasto (SOTF)</i>	<i>23</i>
8.7. TARATURE E VERIFICHE PERIODICHE DEGLI APPARATI	23
9. CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI.....	24
9.1. CATEGORIE PRINCIPALI	24
9.2. CATEGORIE DERIVATE	24

10. DESCRIZIONE DELLE SOLUZIONI PROTETTIVE	25
10.1. GENERALITÀ.....	25
10.2. AREE DI GUASTO.....	27
10.3. TEMPI DI ELIMINAZIONE DEI GUASTI	28
10.4. IMPIANTI DI TIPO A	30
10.4.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	30
10.4.2. <i>Esigenze</i>	31
10.4.3. <i>Assetto delle protezioni</i>	31
10.5. IMPIANTI DI TIPO B	32
10.5.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	32
10.5.2. <i>Esigenze</i>	33
10.5.3. <i>Assetto delle protezioni</i>	34
10.6. IMPIANTI DI TIPO C	35
10.6.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	35
10.6.2. <i>Esigenze</i>	36
10.6.3. <i>Assetto delle protezioni</i>	36
10.7. IMPIANTI DI TIPO A.1.....	37
10.7.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	37
10.7.2. <i>Esigenze</i>	38
10.7.3. <i>Assetto delle protezioni - Disposizione dei TA</i>	39
10.7.4. <i>Logiche LBRA e LSPS</i>	41
10.7.5. <i>Telepilotaggio</i>	42
10.8. IMPIANTI DI TIPO B.1.....	44
10.8.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	44
10.8.2. <i>Esigenze</i>	44
10.8.3. <i>Assetto delle protezioni</i>	44
10.8.4. <i>Logiche LBRA e LSPS</i>	47
10.8.5. <i>Telepilotaggi</i>	47
10.9. IMPIANTI DI TIPO D	48
10.9.1. <i>Impianti d'appartenenza</i>	48
10.9.2. <i>Esigenze</i>	48
10.9.3. <i>Assetto delle protezioni</i>	48
10.9.4. <i>Modifica della categoria degli impianti di tipo C in impianti di tipo D</i>	49
11. PROTEZIONI DI LINEE TRA IMPIANTI IN ESECUZIONE BLINDATA E TRA IMPIANTI DI TIPO DIVERSO	50
11.1. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO A.1 ED IMPIANTI DI TIPO A	50

11.2. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO A.1 ED IMPIANTI DI TIPO A.1	50
11.3. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO A.1 ED IMPIANTI DI TIPO B O C	50
11.4. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO A ED IMPIANTI DI TIPO B	50
11.5. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO A ED IMPIANTI DI TIPO C	50
11.6. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO B.1 ED IMPIANTI DI TIPO B O C	51
11.7. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO B.1 ED IMPIANTI DI TIPO B.1	51
11.8. LINEE TRA IMPIANTI DI TIPO B ED IMPIANTI DI TIPO C	51
11.9. SINTESI DELLE SOLUZIONI.....	51
12. PROTEZIONI DEGLI AUTOTRASFORMATORI E DEI TRASFORMATORI DI INTERCONNESSIONE AAT/AT E AT/AT	54
12.1. ESIGENZE PROTETTIVE.....	54
12.2. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA (MODULO ATR)	54
12.3. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE BLINDATA (MODULO ATR.1).....	57
12.4. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA DI TIPO PASSIVO (MODULO ATR/P)	58
12.5. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE BLINDATA DI TIPO PASSIVO (MODULO ATR1/P).....	58
12.6. ASSETTO DELLE PROTEZIONI PER TERMINALE MISTO ATR / LINEA IN ESECUZIONE AEREA (MODULO ATR/L)	59
12.7. ASSETTO DELLE PROTEZIONI DI STALLO MISTO ATR / LINEA IN ESECUZIONE BLINDATA	59
13. PROTEZIONI DEI PHASE SHIFTING TRANSFORMERS (PST)	60
13.1. SCHEMI REALIZZATIVI	60
13.2. ESIGENZE PROTETTIVE.....	62
13.3. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA (MODULO PST)	63
13.3.1. <i>Protezioni distanziometriche (21)</i>	63
13.3.2. <i>Protezioni differenziali</i>	65
13.3.3. <i>Protezioni di massima corrente di fase e di terra</i>	68
13.3.4. <i>Protezioni a bordo dei PST</i>	71
13.3.5. <i>Gestione della Mancata Apertura Interruttore</i>	72
13.4. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI PST IN ESECUZIONE BLINDATA	72
13.5. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI PST CONNESSO A SEZIONE DI IMPIANTO IN ESECUZIONE BLINDATA (MODULO PST.1)	72
14. PROTEZIONI DEI TRASFORMATORI DI DISTRIBUZIONE	74
14.1. ESIGENZE PROTETTIVE.....	74
14.2. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA (MODULO TR)	74

14.3. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE BLINDATA (MODULO TR.1)	77
15. PROTEZIONI DELLE BATTERIE DI CONDENSATORI	78
15.1. ESIGENZE PROTETTIVE	78
15.2. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA (MODULO BC)	79
15.3. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE BLINDATA (MODULO BC.1)	80
16. PROTEZIONI DEI REATTORI SHUNT	81
16.1. ESIGENZE PROTETTIVE	81
16.2. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE AEREA (MODULO RS)	81
16.3. ASSETTO DELLE PROTEZIONI IN CASO DI CONNESSIONE A SEZIONI IN ESECUZIONE BLINDATA (MODULO RS.1)	84
17. PROTEZIONI DEGLI STALLI "ARRIVO UTENTE"	85
17.1. STALLO ARRIVO UTENTE SENZA INTERRUTTORE	85
17.1.1. <i>Assetto delle protezioni dello stallo aereo Arrivo Utente attivo senza interruttore (Modulo AU)</i>	85
17.1.2. <i>Assetto delle protezioni dello stallo blindato Arrivo Utente attivo senza interruttore (Modulo AU.1)</i>	89
17.1.3. <i>Assetto delle protezioni degli stalli in aria e blindati Arrivo Utente passivo senza interruttore (Modulo AU / AU.1)</i>	90
17.2. STALLO ARRIVO UTENTE CON INTERRUTTORE	90
17.2.1. <i>Assetto delle protezioni dello stallo aereo Arrivo Utente attivo con interruttore (Modulo AU-I)</i>	90
17.2.2. <i>Assetto delle protezioni dello stallo blindato Arrivo Utente attivo con interruttore (Modulo AU-I.1)</i>	95
17.2.3. <i>Assetto delle protezioni degli stalli in aria e blindati Arrivo Utente passivo con interruttore (Modulo AU-I / AU-I.1)</i>	96
18. APPENDICE A - APPLICAZIONE DOPPIA PROTEZIONE DIFFERENZIALE	97
18.1. AMBITO DI APPLICAZIONI/LIMITI DI IMPIEGO	97
18.2. SCHEMI DI COMUNICAZIONE	100

1. OGGETTO E SCOPO

Il presente documento contiene le prescrizioni tecniche che definiscono i criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV del Sistema Elettrico Italiano facenti parte della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) o con essa interoperanti. In esso vengono presi in esame i sistemi di protezione e gli automatismi di rete associati principalmente rappresentati dai dispositivi di richiusura automatica rapida e lenta.

Le soluzioni tecniche descritte nel presente documento derivano da un'analisi delle esigenze del sistema elettrico riguardanti la salvaguardia dei componenti, la sicurezza degli impianti, la stabilità transitoria e, in genere, la sicurezza di esercizio.

Per definire tali soluzioni sono state considerate le tecniche consolidate di protezione delle reti e l'architettura, altrettanto nota, della maggior parte delle stazioni in esercizio, con l'obiettivo di armonizzare i futuri sistemi ed assetti protettivi con quello preesistente.

Le regole e le norme indicate si applicano agli impianti o alle porzioni di impianti esistenti e dispositivi attivati dal 1 ottobre 2018.

Il documento si articola come segue:

- a) una parte generale di enunciazione dei criteri di protezione adottati;
- b) una parte descrittiva delle soluzioni protettive da applicare ai singoli componenti di rete (linee, trasformatori, batterie di condensatori, reattori shunt, phase shifter transformer ...).

2. CAMPO DI APPLICAZIONE

Le seguenti prescrizioni si applicano:

- agli impianti (stazioni e linee) costituenti la RTN;
- agli impianti di produzione e consumo direttamente connessi alla RTN o indirettamente connessi alla RTN per il tramite di una porzione di rete a tensione uguale o superiore a 110 kV;
- agli impianti delle reti di distribuzione a tensione uguale o superiore a 110 kV, connesse alla RTN e con essa interoperanti.

3. RIFERIMENTI

[CR] Codice di Trasmissione, Dispacciamento, Sviluppo e Sicurezza della Rete

[A.2] Guida agli schemi di connessione

[A.5] Criteri di automazione delle stazioni a tensione uguale o superiore a 120 kV

[A.9] Piani di difesa del sistema elettrico

[A.11] Criteri generali per la taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV

[1] CEI EN 62271-203 Apparecchiatura di manovra con involucro metallico con isolamento in gas per tensioni superiori a 52 kV

4. ABBREVIAZIONI E CODICI NUMERICI

Abbreviazioni

AT:	Alta Tensione (di valore superiore a 35 kV e inferiore o uguale a 220 kV)
AAT:	Altissima Tensione (di valore superiore a 220 kV)
CSC	Commutatore Sotto Carico
FO	Fibra Ottica
LBRA:	Logica di Blocco delle Richiusure Automatiche RRA e RLA
LSPS/L:	Logica di Soccorso alla Protezione di Sbarra / stallo Linea
LSPS/T:	Logica di Soccorso alla Protezione di Sbarra / stallo Trasformatore
LSPS/K(C):	Logica di soccorso alla Protezione di Sbarra / stallo parallelo sbarre K (stallo Congiuntore)
LSPS/AU:	Logica di Soccorso alla Protezione di Sbarra / stallo Arrivo Utente
MAI:	Protezione contro la Mancata Apertura dell'Interruttore
RRA:	Richiusura Rapida Automatica
RLA:	Richiusura Lenta Automatica
Sens:	Sensori rivelatori di guasti interni ai comparti blindati.
SOTF:	Switch On To Fault
TP:	TelePilotaggio
TI:	TeleInibizione
VTP:	Voltage Transformer Protection
VTS:	Voltage Transformer Supervision

Codici numerici

21:	Protezione distanziometrica
26:	Protezione di massima temperatura
27:	Protezione di minima tensione
37:	Protezione di minima corrente
50:	Protezione di massima corrente di fase ad azione rapida
51:	Protezione di massima corrente di fase ad azione ritardata
50N:	Protezione di massima corrente di terra ad azione rapida
51N:	Protezione di massima corrente di terra ad azione ritardata
52:	Interruttore
59:	Protezione di massima tensione
59N:	Protezione di massima tensione omopolare

60:	Protezione a squilibrio di corrente
63:	Protezione di minima e massima pressione fluidi
79:	Dispositivo di richiusura automatica (R = rapida; L= lenta)
81:	Protezione di minima e massima frequenza
87:	Protezione differenziale (SB = Sbarra; L = Linea; T = Trasformatore; N = di terra)
89:	Sezionatore
97:	Protezione Buchholz
99:	Protezione di minimo livello olio

Suffissi ai codici numerici

Si riporta di seguito la lista dei suffissi utilizzati per specificare in maniera univoca il dispositivo nei casi in cui ci possa essere ambiguità. Nei casi in cui la trattazione si riferisca in maniera chiara ad un solo elemento si omettono per brevità di notazione.

AU	Arrivo Utente
BC	Banco Condensatori
C	Congiunture sbarre
CSC	Commutatore Sotto Carico
G	Generatore
K	Parallelo sbarre
L	Linea
PS	Phase Shifter transformer
RS	Reattore Shunt
SB	Sbarra
T	Autotrasformatore o trasformatore

5. DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento si applicano le definizioni riportate nel Glossario del Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (Codice di Rete), integrate da altre specifiche definizioni, sotto riprodotte, necessarie per la corretta interpretazione del testo:

Definizioni relative ai sistemi di protezione

Dispositivo di protezione. Dispositivo costituito da uno o più relè di protezione e da elementi logici destinato a realizzare una specifica funzione di protezione.

Livello di perdita di selettività. Numero minimo di interruttori interposti tra il punto di guasto e l'interruttore che lo isola, quest'ultimo da escludere nel conto.

Protezione. Apparecchiatura atta a rilevare guasti o anormali condizioni di funzionamento in un sistema elettrico, rimuovere i guasti dalla rete o far cessare le condizioni anormali mediante comando d'apertura di interruttori oppure destinata a fornire allarmi o segnali.

Protezione principale (Sistema di). Insieme funzionale di elementi costituito da riduttori di tensione e corrente, dispositivo di protezione, canali di trasmissione, organi di interruzione, ecc., designato come principale ai fini della eliminazione dei guasti in una determinata zona di rete, con fissate caratteristiche di selettività e affidabilità. Ad esempio, per il guasto in linea il sistema principale è costituito da: TV, TA, protezione distanziometrica (1^a e 2^a zona di misura) oppure protezione differenziale di linea, apparati di teleprotezione, alimentazioni, interruttore.

Protezione di riserva locale (Sistema di). Riserva al sistema principale di protezione costituita da elementi residenti nello stesso impianto e tali da comportare un intervento generalmente ritardato. Ad esempio, la protezione contro la Mancata Apertura Interruttore (MAI).

Protezione di riserva lontana (Sistema di). Riserva del sistema di protezione principale, generalmente ad intervento ritardato, costituita da elementi appartenenti a sistemi di protezione residenti in altri impianti. Ad esempio, per guasto in linea: protezioni distanziometriche installate in linee adiacenti a quella guasta agenti con zone di misura superiori alla prima.

Protezione stand by. Protezione normalmente fuori servizio ma pronta all'uso per le situazioni di emergenza in sostituzione di protezioni principali indisponibili per un qualsiasi motivo. Esempio tipico, la protezione distanziometrica dello stallo parallelo sbarre che può essere utilizzata come protezione di linea tramite opportuni assetti di stazione.

Prova Forchetta (PF). Procedura attuata nelle stazioni isolate in aria con doppio sistema di sbarre e dotate di protezione differenziale di sbarra (PdS). E' utilizzata per trasferire dalla sbarra su cui la PdS ha rilevato un guasto alla sbarra rimasta in servizio le linee apertesi per intervento della PdS e riscontrate sane nella cosiddetta forchetta (circuiti compresi tra l'interruttore ed i sezionatori di riferimento sbarra). La PF è prevista nei soli stalli linea ed è esclusa in tutti gli altri tipi di stallo (ATR, PST, Arrivi Utente, ecc....). Dopo un guasto di sbarra, vengono aperti i sezionatori di sbarra di ciascuna linea e lanciata tensione, in successione, sulle forchette delle linee mediante chiusura degli interruttori in precedenza apertisi; la forchetta in prova sarà riconosciuta sana in assenza di avviamento della protezione distanziometrica di linea e guasta in caso di scatto della stessa protezione preventivamente abilitata all'intervento in tempo base su semplice avviamento.

Rapidità di intervento del sistema di protezione. Capacità del sistema di protezione di eliminare un guasto nel più breve tempo possibile. La rapidità non deve pregiudicare la selettività tra le protezioni.

Relè (di protezione). Apparecchio destinato a provocare cambiamenti di stato nei circuiti di uscita quando si verificano particolari condizioni di alimentazione nei suoi circuiti di entrata. Da solo, o in combinazione con altri relè, costituisce un dispositivo di protezione.

Ridondanza. Caratteristica del sistema di protezione principale che discende dalla presenza di opportune duplicazioni degli elementi del sistema stesso, in modo che, ipotizzando malfunzionante un solo qualsiasi elemento del sistema, questo assicuri ancora l'eliminazione del guasto con degrado di selettività e rapidità prestabiliti. Ad esempio, per guasto in linea: doppio sistema di protezione con 2 nuclei TA, 2 protezioni distanziometriche (oppure 1 protezione distanziometrica ed 1 protezione differenziale di linea oppure 2 protezioni differenziali), 2 alimentazioni separate, 2 bobine apertura interruttore.

Selettività del sistema di protezione. Capacità del sistema di protezione di mettere fuori servizio il numero minimo necessario di elementi di rete per isolare un certo guasto in una determinata zona di rete.

Switch On To Fault (SOTF). Funzione che ha lo scopo di provocare lo scatto istantaneo della protezione in caso di comando di chiusura manuale oppure di richiusura lenta automatica su guasto

Tempo massimo di eliminazione del guasto. Tempo massimo ammesso di persistenza di un guasto senza soluzione di continuità.

Tempo base di eliminazione del guasto. Tempo di eliminazione del guasto ottenibile mediante l'intervento del sistema di protezione principale integro. Questo tempo deve essere sufficientemente minore del tempo massimo di eliminazione del guasto, così da consentire, ove richiesto, l'intervento di protezioni di riserva entro il massimo tempo suddetto.

Tempo nominale di intervento del sistema di protezione. Tempo di intervento garantito del sistema di protezione principale nell'ambito delle sue prestazioni standard. Affinché il sistema di protezione risulti ben dimensionato, tale tempo deve essere generalmente minore o al massimo uguale al tempo base di eliminazione del guasto.

Voltage Transformer Protection (VTP). Dispositivo automatico di protezione dei circuiti secondari dei trasformatori di tensione dai corto circuiti a terra e tra le fasi posto all'uscita secondaria dei TV e costituito da un interruttore automatico pronto ad aprirsi in caso di superamento di una determinata soglia di corrente. Il dispositivo blocca, tramite un segnale logico, le funzioni protettive alimentate dai TV sensibili alle diminuzioni di tensione (tipicamente protezioni distanziometriche e minime tensioni).

Voltage Transformer Supervision (VTS). Dispositivo automatico di supervisione dei circuiti secondari dei trasformatori di tensione posto all'interno delle protezioni distanziometriche in grado di rilevare le anomalie che si presentano nei circuiti voltmetrici (interruzioni di fase e corto circuiti) bloccando l'intervento delle funzioni protettive dipendenti dalla tensione.

Definizioni relative al macchinario protetto

Aerogeneratore. Unità di generazione per la trasformazione dell'energia cinetica del vento in energia elettrica. Comprende il rotore, l'alternatore, il sistema di conversione, i servizi ausiliari e le strutture di supporto.

Alternatore. Macchina rotante a induzione che effettua la trasformazione da energia meccanica in energia elettrica in corrente alternata

Autotrasformatore. Particolare tipo di trasformatore in cui almeno due avvolgimenti hanno una parte in comune.

Batteria di Condensatori. Gruppo di unità capacitive collegate in modo da funzionare insieme e destinate ad essere impiegate nel rifasamento di impianti di energia in corrente alternata.

Gruppo generatore rotante (in corrente alternata). Insieme di macchine per produrre energia elettrica in corrente alternata costituito da un motore primo (turbina a vapore, turbina idraulica, turbina a gas, motore diesel...), da un riduttore di velocità (ove presente) e da un alternatore.

Phase Shifter Trasformer (PST). Sistema tipicamente basato su due trasformatori collegati in modo da regolare lo sfasamento fra le tensioni di ingresso e di uscita

Reattore Shunt. Reattore destinato ad essere collegato in derivazione su una rete per compensare la corrente capacitiva.

Trasformatore (di potenza). Macchina statica con due o più avvolgimenti che, per induzione elettromagnetica, trasforma un sistema di tensione e corrente alternata in un altro sistema di differenti valori di tensione e corrente allo scopo di trasmettere la potenza elettrica.

Generatore fotovoltaico. Unità di generazione statica per la trasformazione dell'energia solare in energia elettrica. È costituita da celle fotovoltaiche che producono energia in corrente continua e da inverter necessari alla conversione dell'energia in corrente alternata.

Definizioni relative ai tipi di impianto

Cabina Primaria. Impianto alimentato in AT, provvisto di almeno un trasformatore AT/MT destinato alla funzione di distribuzione.

Centrale di produzione. Impianto comprendente uno o più gruppi di generazione, anche se separati, di proprietà dello stesso produttore o autoproduttore.

Stazione (oppure Impianto) di consegna. Impianto utilizzato per collegare l'impianto di un produttore o di un consumatore alla rete.

Stazione di smistamento. Impianto costituito dal complesso delle apparecchiature utilizzate per ripartire l'energia elettrica tra le linee di una rete ad uno stesso livello di tensione.

Stazione di trasformazione. Impianto costituito dal complesso delle apparecchiature utilizzate per trasferire l'energia elettrica tra reti a tensioni diverse.

6. REQUISITI DEL SISTEMA ELETTRICO E CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI PROTEZIONE

In questo Capitolo sono brevemente descritti i requisiti principali che qualificano il sistema di protezione. Tali requisiti ne condizionano le scelte e sono dettati dalle esigenze del sistema elettrico.

6.1. Esame dei requisiti di rapidità

Il tempo massimo di eliminazione dei guasti può variare in funzione dell'impianto e del tipo di guasto a seconda che prevalga l'una o l'altra delle esigenze di seguito elencate.

6.1.1. *Requisiti di stabilità transitoria*

Le esigenze di *stabilità transitoria* del sistema elettrico vincolano il tempo di eliminazione dei guasti polifasi in funzione del seguente schema concettuale:

Impianti a 380 kV e 220 kV prossimi a centrali

Il tempo base di eliminazione dei guasti deve essere inferiore o uguale a 100 ms. Tale tempo è condizionato dal margine richiesto dalla protezione contro la mancata apertura dell'interruttore e dalla necessità di non superare il tempo massimo di 250 ms, ancora accettabile nella gran parte della rete italiana attuale ai fini della stabilità transitoria.

Esigenze più stringenti, tali da richiedere tempi massimi inferiori ai 250 ms, possono essere considerate in alcuni casi particolari. Tale circostanza può costringere ad adottare, in alcune aree di rete, soluzioni dedicate che saranno trattate a parte.

Impianti a 220 kV ordinari

Il tempo massimo compatibile con le esigenze di stabilità per guasti elettricamente lontani da impianti di produzione è di 400 ms.

Il tempo base di eliminazione del guasto può aumentare, in linea di principio, a 250 ms in quanto, anche ipotizzando una mancata apertura interruttore, non si supererebbero i suddetti 400 ms. Si deve tuttavia considerare che l'eliminazione del guasto in linea, che è il più frequente, nell'ipotesi di intervento delle protezioni distanziometriche in prima zona, è di norma contenuto entro i 100 ms. Quindi, si preferisce assumere un tempo base pari a tale valore come riferimento per la scelta delle protezioni e per il dimensionamento del sistema e lasciare, eventualmente, un margine maggiore di sicurezza alla protezione contro la mancata apertura degli interruttori.

Impianti a 220 kV e 150÷132 kV con funzioni di sub-trasmissione o distribuzione

Il tempo massimo di eliminazione del guasto non rappresenta un vincolo di particolare rilievo per i soli motivi di stabilità.

6.1.2. *Esigenze di salvaguardia degli impianti*

Le esigenze di *salvaguardia* degli impianti, con particolare riferimento ai guasti in sbarra, vincolano il tempo massimo di eliminazione dei guasti indipendentemente dalla funzione più o meno importante della stazione nel sistema elettrico come di seguito descritto:

Impianti isolati in aria

Il dimensionamento dei singoli componenti d'impianto e della rete di terra, è determinato in funzione del tempo massimo di eliminazione dei guasti.

Impianti blindati isolati in SF6

Per gli archi interni all'involucro metallico si distinguono i seguenti tipi di impianto:

- a) *impianti isolati in gas antecedenti alla norma CEI EN 62271-203*: il tempo massimo di eliminazione dei guasti deve essere dell'ordine di 250 ms per gli impianti dei livelli di tensione 380 e 220 kV e di 300 ms per gli impianti dei livelli di tensione 150-132 kV;
- b) *impianti isolati in gas e rispondenti alla norma CEI EN 62271-203 [1]*: il tempo massimo di eliminazione dei guasti deve essere dell'ordine di 300 ms per gli impianti dei livelli di tensione 380 e 220 kV e di 500 ms per gli impianti dei livelli di tensione 150-132 kV;
- c) *impianti realizzati con moduli compatti integrati* (essenzialmente impiegati nei livelli di tensione 150-132 kV e, più limitatamente, nel livello 220 kV): i tempi massimi di eliminazione dei guasti sono gli stessi applicati agli impianti isolati in aria.

I tempi sopra indicati devono comprendere i tempi necessari all'intervento della protezione contro la mancata apertura degli interruttori.

Per le linee e per i trasformatori non si indicano vincoli di intervento delle protezioni contro i sovraccarichi dovuti a condizioni particolari di esercizio in quanto tale argomento non attiene ai problemi del funzionamento stabile del sistema elettrico ma rientra in una problematica diversa connessa alla gestione delle contingenze di rete, da risolvere attraverso azioni manuali di controllo o altre di tipo automatico previste dai Piani di Difesa del Sistema Elettrico [A.9].

6.1.3. **Conclusioni sui tempi di eliminazione dei guasti**

In generale per tutti gli impianti a 380 kV, per quelli a 220 kV sia con funzione di trasmissione che prossimi a impianti di produzione, il tempo base di eliminazione dei guasti polifasi risulta vincolato da esigenze di stabilità e dalla necessità di far fronte alla mancata apertura degli interruttori. Questo tempo è pertanto fissato in *100 ms*.

Per tutte le stazioni a 220 kV in esecuzione blindata, il tempo base di eliminazione dei guasti deve essere contenuto ancora entro *100 ms* per motivi di salvaguardia delle apparecchiature isolate in gas.

Se l'impianto blindato è a tensione di 150-132 kV, il tempo base di eliminazione dei guasti sarà pari a *150 ms* per gli impianti antecedenti alla norma CEI EN 62271-203 oppure pari a *350 ms* per gli impianti successivi alla suddetta norma e ad essa non conformi. I tempi indicati sono definiti in relazione al tempo massimo di estinzione degli archi che si possono verificare internamente al blindato.

Per la restante parte degli impianti a 220, 150 e 132 kV aventi funzione di sub-trasmissione e/o di distribuzione, realizzati in aria oppure con moduli compatti integrati il tempo base di eliminazione dei guasti non rappresenta un elemento critico e non è pertanto prescritto; per essi viene invece indicato il tempo massimo di eliminazione del guasto che deve essere, di regola, contenuto *entro 500 ms*. Tuttavia, in casi particolari e per esigenze di selettività, tale tempo può essere anche più alto ma comunque inferiore a 1 s.

6.2. Considerazioni sulla selettività

La *selettività* del sistema di protezione è un requisito legato ad esigenze di continuità del servizio del sistema elettrico ed è pertanto perseguita in misura diversa a seconda della funzione e della collocazione dell'impianto nella rete.

In linea di principio, è importante che il rischio di esercizio associato ad un certo livello di selettività del sistema di protezione sia contenuto entro determinati limiti. Si distinguono qualitativamente tre livelli di selettività: *bassa, media, alta*.

Tali livelli sono stabiliti in relazione a tre eventi:

- a) guasto in una linea;
- b) mancata apertura interruttore di una linea;

c) guasto in sbarra.

Ne discendono le seguenti definizioni:

Selettività bassa

Intesa come garanzia di selettività a fronte del guasto in una linea ed accettando un livello di perdita di selettività pari a 1 in caso di mancata apertura interruttore per guasto in linea oppure in caso di guasto di sbarra¹.

Selettività media

Intesa come garanzia di selettività a fronte del guasto in una linea e della mancata apertura interruttore per guasto in linea accettando un livello di perdita di selettività pari a 1 per il guasto di sbarra¹.

Selettività alta

Intesa come garanzia di selettività a fronte degli eventi a, b e c. Tale condizione corrisponde ad una perdita di selettività nulla¹.

Tipo di evento	Livello di perdita di selettività accettato		
	Selettività bassa	Selettività media	Selettività alta
a) Guasto in un linea	0	0	0
b) Mancata apertura interruttore di linea	1	0	0
c) Guasto in sbarra	1	1	0

6.3. Considerazioni sulla riserva e sulla ridondanza

L'attitudine di un sistema di protezione a far fronte ai malfunzionamenti di altri sistemi di protezione principali (sia di tipo spontaneo come i guasti di componenti, sia di principio, come i difetti funzionali o di taratura) costituisce il terzo requisito che qualifica il sistema di protezione.

Tale requisito è insito nelle caratteristiche di riserva locale, di riserva lontana e di ridondanza e il suo dimensionamento dipende dal rischio di esercizio associato alla presenza contemporanea di un guasto in rete e di un malfunzionamento di un elemento del sistema di protezione.

Rispetto alla riserva la ridondanza è da preferire in quanto:

- il rischio di un intervento impestivo dei sistemi di protezione è, in generale, meno critico per le reti rispetto a quello associato ad un intervento mancato o ritardato;
- il raddoppio dei sistemi di protezione è vantaggioso ai fini della manutenzione;
- il maggior costo è compensato dalla semplificazione della manutenzione e dal minore rischio connesso ai mancati interventi.

Tuttavia, non tutti gli elementi dei sistemi di protezione sono, o devono essere, duplicabili. In tali casi si ricorre alle riserve. Nelle reti magliate la riserva locale è preferibile a quella lontana per i seguenti motivi:

¹ Nel computo degli interruttori non aperti per la determinazione del livello di perdita di selettività (ved. Capitolo 5, Definizioni), non sono considerati gli interruttori di stazione relativi agli stalli parallelo e congiuntore sbarre.

- scarsa affidabilità di principio delle riserve lontane e quindi insufficiente selettività delle zone di intervento delle protezioni distanziometriche superiori alla 2^a;
- ritardi non trascurabili introdotti dalle riserve lontane nell'eliminazione del guasto.

Rientra in questa casistica anche l'interruttore per il quale la riserva locale è costituita dalla protezione contro la mancata apertura e dagli interruttori al contorno dello stesso impianto; essa è da preferire alla riserva lontana rappresentata da interruttori remoti comandati da protezioni distanziometriche nelle zone superiori alla prima.

La riserva lontana non deve essere necessariamente eliminata ma non costituisce un elemento qualificante del sistema di protezione laddove siano previste adeguate ridondanze locali. In tali casi, la riserva lontana provvede alla eliminazione di guasti particolarmente rari come, ad esempio, lo scoppio di TA o TV o la distruzione del sistema protettivo per incendio del chiosco.

Nelle sole categorie d'impianto dove non è prevista adeguata ridondanza, e/o riserva locale, la riserva lontana diventa un fattore determinante su cui contare per ottenere determinati livelli di prestazione del sistema di protezione.

Il concetto di riserva lontana non deve essere confuso con la protezione dei trasformatori e dei gruppi contro i guasti esterni ed altre condizioni anomale di funzionamento. Infatti, nel caso delle macchine, è necessario adottare protezioni che intervengano per evitare danni indotti alle macchine stesse da eventi esterni. Comunque, di fatto, alcune protezioni di macchina possono assolvere contemporaneamente sia alla suddetta funzione di salvaguardia della macchina stessa sia alla funzione di riserva alle protezioni principali di rete; un esempio tipico è rappresentato dalle zone di intervento ritardate delle protezioni distanziometriche installate nel lato primario e secondario degli ATR di interconnessione che hanno, al tempo stesso, il compito di limitare le sollecitazioni delle macchine e quello di contenere l'estensione e la durata del disservizio in caso di guasto in rete non eliminato dalle protezioni principali.

6.4. Funzione di protezione e funzione di controllo

Per funzione di protezione si intende qualsiasi azione volta a difendere il sistema elettrico dalle conseguenze di una perturbazione (generalmente da un guasto) o di una condizione di funzionamento anomala con possibili effetti degenerativi. Tale azione ha come conseguenza fondamentale l'apertura di interruttori per la messa fuori servizio del componente guasto o difettoso oppure l'emissione di una segnalazione.

Per funzione di controllo si intende invece una azione di sorveglianza delle condizioni di lavoro dei singoli componenti del sistema finalizzata ad individuare il superamento dei valori di funzionamento limite stabiliti a priori (valori di corrente, di tensione, di temperatura, di pressione, ecc...) ed impedire effetti degradanti del sistema tendenzialmente lenti. Tale azione ha come conseguenza fondamentale l'emissione di un allarme a cui fanno seguito azioni di messa in sicurezza che possono essere sia manuali che automatiche.

La prima è essenzialmente una azione di tipo repressivo, la seconda di tipo preventivo. È tipica della funzione di protezione l'eliminazione di un arco in rete per cedimento dell'isolamento, appartiene invece alla funzione di controllo il monitoraggio della corrente di transito negli elettrodotti per evitare violazione dei limiti imposti.

La distinzione tra le azioni di protezione e le azioni di controllo è nella maggior parte dei casi di facile individuazione, ma esistono situazioni in cui il confine non è netto, per cui la stessa azione può essere ascritta all'una come all'altra funzione.

In generale, nel contesto in esame, verranno considerate le funzioni di protezione che sono tipicamente svolte da relè, nonché quelle svolte dagli automatismi di rete ad esse associati.

Sono invece escluse dalla trattazione le azioni di controllo anche nei casi in cui ad esse è affidata, per scelta dei costruttori e/o degli esercenti l'apertura automatica di interruttori e sezionatori.

Appartengono a quest'ultima categoria le cosiddette azioni di Messa in Sicurezza Blindato (MSB) per bassa pressione SF6 a cui è assegnato il compito di aprire, preventivamente all'insorgenza di una scarica

elettrica, interruttori locali o remoti se il livello di pressione/densità del gas di isolamento di condotti, riduttori di misura ed interruttori scende al di sotto del livello di guardia (3° livello, oppure 2° in alcuni tipi di blindato). Ove necessario sono considerate le relazioni esistenti tra funzioni di protezione e funzioni di controllo.

7. AZIONI DELLE PROTEZIONI: SCATTO, BLOCCO, ALLARME

7.1. Azioni di comando delle protezioni

Nel presente paragrafo vengono considerati i comandi dei sistemi di protezione presenti nelle stazioni elettriche:

Scatto: comando di apertura di un interruttore senza inibizione del successivo comando di chiusura, manuale o automatico.

Se non diversamente specificato, il comando di apertura si intende di tipo tripolare; solo per gli interruttori di linea l'apertura può essere di tipo unipolare qualora sia associata a dispositivi automatici di richiusura rapida (ved. Paragrafo 8.5).

Il termine scatto può anche essere applicato, per brevità espositiva, al componente di rete a cui l'interruttore si riferisce (es. Scatto Linea, Scatto ATR, Scatto TR, Scatto Batteria Condensatori, Scatto Reattore Shunt, ecc....) ricorrendo, se necessario, a specificazioni aggiuntive per una corretta individuazione dell'interruttore comandato (es. Scatto ATR lato 150 kV).

Nel caso dei sistemi di sbarra, lo Scatto Sbarra indica il comando di apertura tripolare impartito agli interruttori di tutti gli elementi afferenti alla sbarra stessa. Tale comando è tipicamente associato all'intervento della protezione differenziale di sbarra e della protezione contro la mancata apertura interruttori di stazione.

Blocco: comando di apertura tripolare di un interruttore e inibizione della successiva chiusura dell'interruttore fino allo sblocco intenzionale dello stesso. Di norma il blocco è realizzato tramite un dispositivo esterno al sistema di protezione.

Qualora il comando di blocco sia riferito ad uno o più interruttori di uno stesso componente di rete, allo scopo di determinarne il sicuro e completo fuori servizio, il termine blocco è normalmente applicato al componente stesso (es. Blocco ATR, Blocco TR, Blocco Batteria Condensatori, Blocco Reattore Shunt, Blocco Phase Shifter Transformer, ecc....).

Nel caso dei sistemi di sbarra, l'inibizione alla chiusura degli interruttori al contorno dopo l'intervento di sistemi di protezione è eventualmente riservata a specifiche logiche implementate da automatismi di stazione.

7.2. Azioni di segnalazione delle protezioni

Alle azioni di comando si aggiungono quelle di allarme.

Allarme: segnalazione di intervento di una protezione senza esecuzione di comandi di apertura degli organi di manovra e/o di interruzione.

8. CRITERI DI PROTEZIONE

8.1. Considerazioni generali su ridondanza e riserva

Nel dimensionamento del sistema di protezione si persegue l'obiettivo, per ogni guasto e per ogni area della rete, di mantenere al di sotto di una soglia prefissata la probabilità di un disservizio esteso causato dal malfunzionamento delle protezioni. Detta soglia è coerente con gli indici di rischio stabiliti in sede di programmazione e di esercizio del sistema elettrico.

Il criterio enunciato si traduce nell'assicurare la funzione di protezione per ogni tipo di guasto e in ogni punto della rete nel rispetto delle esigenze di selettività e dei tempi di eliminazione dei guasti stabiliti, anche nel caso di mancato funzionamento di elementi del sistema di protezione accettando, in questo caso, perdite di selettività e ritardi il più possibile ridotti e di prefissata entità.

L'applicazione rigida di tale regola comporterebbe il raddoppio sistematico dei sistemi di protezione. In alcune situazioni ciò si risolverebbe in un sovradimensionamento eccessivo, sia in caso di duplicazione di componenti a basso tasso di guasto sia in caso di predisposizione di sistemi di protezione atti a fronteggiare guasti in rete particolarmente rari.

Considerato che, statisticamente, il tasso di guasto più elevato si riscontra in componenti quali le protezioni, i sistemi di teleprotezione e gli interruttori, risulta giustificata la scelta di:

- duplicare l'intera catena di protezione di linea;
- adottare la protezione contro la mancata apertura degli interruttori.

Per duplicazione della catena di protezione si intende, oltre all'impiego di due apparati di protezione, l'utilizzo di TA con due nuclei separati, TV con doppi circuiti secondari, doppia bobina di scatto sull'interruttore. In ragione dei costi più elevati e delle complicazioni impiantistiche conseguenti non è richiesta l'installazione di due interruttori, ma si utilizza un sistema di protezione contro la mancata apertura degli interruttori (MAI).

In base alle stesse considerazioni, la bassa frequenza dei guasti di sbarra, valutata in 1 guasto per impianto ogni 15÷20 anni, non giustifica la duplicazione della protezione differenziale di sbarra in stazioni finalizzata alla riduzione del rischio di esercizio.

Il mancato raddoppio di qualche elemento del sistema di protezione, o la mancata adozione di specifiche protezioni in alcune zone d'impianto (ad esempio la protezione di sbarra negli impianti con funzioni di distribuzione) non deve quindi apparire come una deroga al criterio enunciato risultando tali scelte giustificate dal basso rischio di esercizio associato ai guasti relativi.

Più in generale, nella definizione del sistema di protezione deve essere considerato il rango dell'impianto, dipendente sia dalla sua funzione nel sistema elettrico, sia dalla sua posizione rispetto ad altri impianti con i quali è chiamato a cooperare nella eliminazione dei guasti.

Nel caso di impianti a 380kV e 220 kV di elevata importanza è richiesto un doppio sistema di protezione con algoritmi sviluppati da costruttori diversi al fine incrementare l'affidabilità di intervento in caso di guasti complessi.

Nel caso in cui il raddoppio del sistema protettivo non sia legato a esigenze di salvaguardia di elementi essenziali del sistema ma a criteri di sicurezza nella eliminazione di guasti nei tempi stabiliti di tipo classico come quelli all'interno dei blindati si è accettato l'utilizzo di due protezioni del medesimo costruttore.

La tecnologia digitale offre realizzazioni integrate che da una parte identificano l'oggetto con la funzione ma dall'altra offrono flessibilità e ricchezza di soluzioni che contribuiscono alle prestazioni del sistema. A titolo di esempio, consentono di utilizzare alcune funzioni, nel seguito dette di "emergenza" che realizzano in parte le funzioni di ridondanza senza necessità di duplicare apparati. L'integrazione delle funzioni non è rappresentata negli schemi utilizzati nel presente documento ma le implicazioni conseguenti devono essere sempre tenute presenti per una corretta interpretazione degli stessi.

8.2. Protezioni di linea numeriche multifunzione

Tradizionalmente la protezione delle linee elettriche delle reti magliate AAT ed AT è affidata ad apparati di tipo distanziometrico. Nel sistema elettrico italiano ciò ha rappresentato una scelta pressoché esclusiva sia nel caso di stalli linea con singolo sistema di protezione sia nel caso di stalli linea con doppia protezione.

Oltre al metodo distanziometrico si è, negli anni recenti, consolidata l'applicazione del metodo differenziale. In questa sede non si entrerà nel merito delle differenze tra i due approcci, né sui rispettivi vantaggi e svantaggi; va tuttavia rilevato che l'utilizzo congiunto delle due soluzioni consente di disporre della migliore soluzione protettiva.

L'inserimento della differenziale come protezione di rete è stata vista nel passato come una soluzione limitata non potendo questa protezione rilevare guasti al di fuori della linea o del cavo di competenza. La tecnologia digitale, però, ha messo a disposizione protezioni differenziali di linea con integrata la funzione distanziometrica (la protezione agisce come differenziale per i guasti in linea e come distanziometrica per i guasti esterni alla linea): quest'innovazione, unita ad altri fattori di seguito richiamati, fornisce una modalità alternativa per la protezione degli elettrodotti sia aerei che in cavo, consentendo l'impiego a largo raggio della protezione differenziale su ogni tipo di collegamento, sia in combinazione con un'altra protezione (di tipo distanziometrico), sia come unica protezione.

Relativamente alla protezione differenziale di linea devono essere messi in evidenza i seguenti fattori che hanno dato un impulso notevole alla sua applicazione nelle reti AAT ed AT:

- *fattori tecnologici*: disponibilità di apparati numerici in grado di assicurare, in un unico allestimento HW, sia la funzione differenziale (87L) per la protezione dell'intera lunghezza del collegamento che la funzione distanziometrica (21) per la protezione dei componenti di rete successivi alla linea protetta; in questa versione la protezione 87L/21 assume una caratteristica simile a quella di una tipica protezione distanziometrica con zone di protezione principali e zone di protezione di riserva.
 - Da osservare che la funzione distanziometrica inserita nella protezione differenziale consente le seguenti modalità operative normalmente impiegate nelle applicazioni correnti:
 1. *distanziometrica con funzione di protezione principale e di riserva*: sono preposte a questo scopo le zone di intervento ritardate, sempre attive, gestite in modo da assicurare la copertura delle sbarre dell'impianto affacciato (funzione di protezione principale se l'impianto è privo di protezione di sbarra) e la copertura di una porzione di rete oltre l'impianto remoto (funzione di protezione di riserva ad altre protezioni di rete);
 2. *distanziometrica con funzione di emergenza*: per questa funzione della protezione è impegnata una zona non ritardata; essa è normalmente disattiva ed entra in funzione solo in caso di indisponibilità, automaticamente rilevata, della protezione differenziale, principalmente per perdita della comunicazione tra terminali affacciati.
 - Per evitare eccessive complicazioni circuitali, la funzione distanziometrica di riserva/emergenza, a differenza della protezione differenziale a cui è associata, non utilizza schemi di teleprotezione.
- *fattori impiantistici*: crescita del numero delle linee interamente in cavo o linee miste aeree/cavo per le quali la scelta della protezione differenziale è raccomandata, o addirittura obbligata, sia in relazione al basso valore dell'impedenza in gioco sia in relazione alla maggiore difficoltà esistente nel valutare i parametri elettrici ed in particolare quelli alla sequenza omopolare.

La stessa protezione costituisce anche un'ottima soluzione d'impiego per:

- linee in doppia terna sulla stessa palificazione quando è importante assicurare una corretta selezione di fase in presenza di guasti monofase sulle due terne con coinvolgimento di fasi diverse;
- linee aeree corte in alternativa all'impiego di protezioni distanziometriche con schemi di telepilotaggio di tipo *permissive overreaching* oppure *blocking overreaching*.

- *fattori infrastrutturali*: accresciuta disponibilità di collegamenti in Fibra Ottica (FO) posati nella stessa trincea delle linee in cavo in occasione della realizzazione di nuovi elettrodotti interrati ma ampiamente diffusi anche all'interno delle funi di guardia di linee aeree essenzialmente come vettori di telecomunicazione ma dedicati in parte anche a scopi protettivi. La F.O. costituisce il vettore ideale per il funzionamento in sicurezza della protezione differenziale ed è da considerare un pre-requisito essenziale per la sua applicazione.

La disponibilità di protezioni differenziali con associate zone di impedenza e la parallela disponibilità di vettori in FO ad elevata affidabilità modifica il concetto di ridondanza applicato alle linee della rete primaria per le quali la scelta privilegiata diventa quella di installare due protezioni di diverso tipo, una distanziometrica ed una differenziale, in luogo di due protezioni distanziometriche con algoritmi di misura diversi (il che in genere significa realizzate da costruttori diversi), come avvenuto fino ad oggi.

La tendenza suddetta non è vista solo in relazione alla presenza di linee corte o linee in cavo ma è considerata una scelta di principio che trova un limite applicativo solo nella effettiva disponibilità di adeguati vettori di supporto, come i vettori in F.O. richiesti dalla protezione differenziale di linea.

Infine un richiamo alla funzione di protezione contro i Guasti Altamente Resistivi (GAR) che in tempi recenti Terna ha iniziato ad applicare su un numero limitato di collegamenti.

I progetti pilota avviati utilizzano funzioni di protezione interne agli apparati di linea di tipo numerico sulla base di una specificazione Terna dei requisiti funzionali principali incentrati sul carattere selettivo della funzione stessa (tramite impiego di telepilotaggi) ed hanno una triplice finalità:

- trarre elementi di conoscenza necessari ad un'applicazione sicura su scala più larga;
- individuare modalità funzionali comuni applicabili ai diversi modelli di protezione linea;
- adeguare sul ritorno di esperienza conseguito le specifiche funzionali per l'acquisto delle nuove protezioni numeriche di linea.

Il previsto campo di impiego della protezione GAR è rappresentato dalle linee aeree dei livelli di tensione 220 kV e 150/132 kV caratterizzate dalla presenza contemporanea di più di una delle condizioni di seguito indicate:

1. Resistività del terreno molto alta (superiore a 3000 Ω m);
2. Resistenza di messa a terra dei sostegni elevata (maggiore di 20÷30 Ω);
3. Assenza della fune di guardia.

8.3. Schemi di teleprotezione (o di telepilotaggio)

Si considerano i seguenti schemi di teleprotezione:

AU: Accelerated Underreach:

Lo schema ad estensione di zona è lo schema di teleprotezione normalmente utilizzato per assicurare lo scatto di una linea in tempo base per guasto in un punto qualsiasi della stessa. Il segnale di scatto della protezione distanziometrica collocata ad un estremo è utilizzato per aumentare il campo di intervento della prima zona della protezione all'estremo opposto fino a coprire un'impedenza pari o superiore al 120% dell'impedenza della linea. Ciò può essere ottenuto aumentando il campo di misura della prima zona abilitando una specifica zona dedicata (1^a zona estesa) o annullando il tempo di intervento della seconda zona (accelerazione di zona).

PO: Permissive Overreach:

Lo schema a consenso è lo schema di teleprotezione normalmente utilizzato quando una linea è corta e la prima zona delle protezioni distanziometriche, tarata all'80% dell'impedenza di linea, non garantisce il

sicuro intervento in relazione agli errori di misura ed ai problemi di compensazione della resistenza di guasto. La prima zona della protezione distanziometrica di ciascun estremo è regolata oltre l'impedenza di linea ed il comando di scatto in tale zona è condizionato alla ricezione di un segnale di consenso proveniente dall'altro estremo.

Affinché possa funzionare anche in caso di interruttore di linea aperto o estremo debole, lo schema deve essere dotato di logica eco in base alla quale un segnale di consenso in ricezione viene ritrasmesso al terminale che lo ha inviato se si verifica una delle seguenti condizioni:

- mancato avviamento della protezione locale;
- stato di aperto dell'interruttore di linea locale.

Lo schema, con opportuni adattamenti, si applica anche alle linee a tre estremi per assicurare l'eliminazione rapida dei guasti in ogni punto della linea. In questo caso i segnali di consenso allo scatto scambiati tra le protezioni distanziometriche alle estremità del collegamento possono essere riferiti alle misure di direzione delle stesse protezioni. Ad ogni terminale l'apertura in tempo base dell'interruttore è consentita, oltre che per intervento in 1^a zona della distanziometrica anche per misura del guasto in direzione avanti se contemporaneamente vengono ricevuti segnali di consenso allo scatto per misura in direzione avanti di entrambe le protezioni installate negli altri due estremi.

BO: Blocking Overreach:

Lo schema di blocco è uno schema di teleprotezione utilizzato sia su linee corte che su linee a tre estremi. La protezione ad un estremo comanda lo scatto del relativo interruttore se non viene ricevuto un segnale di blocco dall'estremo opposto (o dagli estremi opposti in caso di linee multiterminali). Il segnale di blocco è fornito da una zona di misura orientata in direzione contraria alla linea protetta che individua i guasti esterni alla linea.

8.4. Protezione contro la Mancata Apertura Interruttore (MAI)

La protezione contro la Mancata Apertura Interruttore è una protezione sempre presente negli impianti equipaggiati con doppio sistema protezione mentre è normalmente assente negli impianti a singolo sistema di protezione. Essa assolve una funzione di riserva nei riguardi di una manovra di apertura dell'interruttore non riuscita (ved. Paragrafo 6.3) e comporta l'apertura di tutti gli interruttori a monte dell'interruttore che non si è aperto per interrompere il flusso di corrente verso il circuito che si vuole isolare.

La protezione MAI viene attivata solo in condizioni di rete perturbata (presenza di un corto circuito o di una condizione di funzionamento anomala) e pertanto viene associata alla presenza di un Comando Apertura da Protezioni rimanendo invece inattiva in presenza di un Comando Apertura Manuale non sussistendo, in questo caso, le condizioni di urgenza e di necessità per una apertura indiscriminata degli interruttori al contorno.

Il rilievo della condizione di Mancata Apertura Interruttore deve essere eseguito sulla base della presenza di corrente attraverso l'interruttore misurata tramite un relè a massima corrente avviato dalle protezioni attive sull'interruttore. I metodi per il riconoscimento di tale condizione basati sulla posizione dei fine corsa dell'interruttore non sono altrettanto efficaci perché incapaci di rilevare gli archi longitudinali che talvolta si stabiliscono ad interruttore aperto (internamente alla camera di interruzione oppure all'esterno dell'organo di manovra).

Negli stalli linea la protezione MAI deve essere in grado di riconoscere la mancata apertura dell'interruttore polo per polo in modo da assicurare il regolare funzionamento anche in presenza di richiusura automatica rapida di tipo unipolare.

La protezione MAI integrata negli apparati numerici di protezione linea al momento non presenta, per tutti i costruttori, requisiti conformi agli standard stabiliti per le stazioni a doppio sistema di sbarra.

Ne consegue che la protezione MAI interna potrà essere impiegata in modo integrale solo nelle piccole stazioni di consegna monosbarra (tipicamente con 3 stalli linea) date le minori esigenze derivanti da uno schema di impianto più semplice mentre nelle stazioni con sistema a doppia sbarra la protezione MAI interna alle protezioni potrà essere utilizzata solo per la funzione di rilevazione della mancata apertura demandando a circuiti esterni la funzione di smistamento dei comandi di scatto.

8.5. Richiusura Rapida Automatica (RRA) e Richiusura Lenta Automatica (RLA) delle linee

8.5.1. Richiusura Rapida Automatica (RRA)

La *Richiusura Rapida Automatica (RRA)* degli interruttori è prevista in tutte le linee aeree delle reti a tensione superiore a 110 kV. Il suo impiego non è invece previsto nelle linee interamente in cavo, mentre nelle linee miste (parte aeree e parte in cavo) la RRA sarà inserita tenendo conto della lunghezza della parte aerea rispetto a quella in cavo; più precisamente essa deve essere attivata ogniqualvolta la lunghezza del tratto aereo sia uguale o superiore al 25% della lunghezza totale della linea e comunque non inferiore a 300 m.

Il funzionamento della RRA è associato al funzionamento in tempo base delle protezioni di linea che possono essere di tipo distanziometrico, di tipo differenziale oppure di tipo a massima corrente. In ogni stallo linea è attivo un unico dispositivo di richiusura rapida. In caso di linee dotate di doppia protezione, entrambe le protezioni sono chiamate a cooperare con quest'unico dispositivo. Vengono previsti tre diversi programmi di funzionamento (unipolare, tripolare, uni tripolare) selezionabili in funzione del tipo di rete in cui la RRA è inserita: nelle reti attive con unità di generazione di tipo rotante la RRA sarà sempre di tipo unipolare, mentre nelle reti passive oppure in quelle attive con unità di generazione di tipo statico il programma di richiusura sarà di tipo tripolare oppure uni tripolare.

Le attuali protezioni numeriche mettono a disposizione la RRA come funzionalità integrata.

La richiusura rapida interna non presenta particolari problemi nel caso di stalli a singola protezione nei quali la comunicazione tra protezione e RRA si svolge all'interno dello stesso apparato con le stesse logiche con cui prima si svolgeva tra due dispositivi separati. Nel caso di sistemi a doppia protezione (di tipo distanziometrico e/o differenziale), nel rispetto del criterio di univocità del dispositivo che ordina la richiusura, si deve avere un identico sistema di RRA nei due apparati: uno di essi svolge la funzione di RRA principale (RRA Master) mentre l'altro quella di riserva (RRA Slave).

La **RRA Master** è integrata nell'apparato che ospita la 1^a protezione di linea, è normalmente attiva ed agisce in associazione all'intervento di una o di entrambe le protezioni di linea acquisendone i segnali di avviamento e di scatto e controllandone la coerenza delle fasi prima di dare corso ad un'auto-richiusura unipolare.

La **RRA Slave** è invece integrata con la 2^a protezione di linea, è normalmente in stato di stand-by ed entra in funzione solo in caso di indisponibilità dell'apparato principale. Per questa sua caratteristica, la RRA Slave lavora solo con i segnali di avviamento e scatto della seconda protezione.

8.5.2. Richiusura LENTA Automatica (RLA)

La *Richiusura Lenta Automatica (RLA)* ha un campo di applicazione analogo a quello della Richiusura Rapida Automatica. Il dispositivo opera con modalità tripolare a seguito dell'intervento delle protezioni di linea ed interviene dopo una RRA non riuscita oppure non avvenuta. Nelle reti a 380 kV, 220 kV ed in quelle a 132-150 kV caratterizzate dalla presenza di centrali con generatori di tipo rotante, la RLA viene eseguita previo controllo delle tensioni ai due capi dell'interruttore aperto; il controllo riguarda il modulo, la fase e lo scorrimento delle tensioni e presuppone la presenza di TV di linea e di TV di sbarra.

Limitatamente alle reti 132-150 kV di tipo passivo oppure di tipo attivo con presenza di generatori di tipo statico può essere consentita la RLA senza controlli di sincronismo.

Il dispositivo, su ciascun montante, può essere predisposto o in modalità "lancio di tensione" (in assenza di tensione in linea e presenza di tensione di sbarra) oppure in modalità "parallelo" (con controllo delle condizioni di tensione, di fase e di scorrimento a monte e a valle dell'interruttore aperto).

8.6. Funzioni accessorie delle protezioni di linea di tipo numerico

Le attuali protezioni di tipo numerico rendono disponibili una serie di funzioni accessorie quali massima corrente di riserva e di emergenza, VTS trifase, autocontrollo ed autodiagnosi, ecc...

Vengono di seguito esaminate tali funzioni indicandone i criteri d' impiego.

8.6.1. Protezione di massima corrente di riserva

L'utilizzazione della Massima Corrente di Riserva (protezione sempre attiva e regolata in corrente ed in tempo in modo da agire solo in caso di intervento mancato o ritardato della protezione principale di linea) non è prevista dai criteri generali di protezione delle reti AAT ed AT che assegnano il ruolo di riserva o alla 2^a protezione di linea (criterio di ridondanza) o alle protezioni distanziometriche installate in punti della rete a monte (criterio di riserva a distanza); pertanto essa non deve essere configurata negli apparati di protezione in servizio nei diversi livelli di tensione.

8.6.2. Protezione di massima corrente di emergenza

L'utilizzazione della Massima Corrente di Emergenza (protezione normalmente disattiva ed attivata in modo automatico in caso di indisponibilità della protezione principale di linea, ad esempio per perdita dell'alimentazione voltmetrica nella protezione distanziometrica o per perdita della comunicazione tra i terminali nella protezione differenziale) è prevista esclusivamente negli stalli linea con singola protezione, mai in stalli con doppia protezione.

Vengono di norma adottate due soglie di intervento per il controllo delle tre correnti di fase (50/51), una rapida ed una ritardata. Viene escluso l'uso di soglie di corrente di terra (50/51N).

La Massima Corrente di Emergenza non deve essere associata né alla RRA né alla RLA. Deve invece attivare la protezione MAI, se presente.

8.6.3. Voltage Transformer Supervision (VTS)

Il dispositivo automatico di supervisione dei circuiti secondari dei trasformatori di tensione posto all'interno delle protezioni distanziometriche è in grado di rilevare le anomalie che si presentano nei circuiti voltmetrici (interruzioni di fase e corto circuiti) bloccando l'intervento della funzioni protettive dipendenti dalla tensione.

Si distinguono due tipi di VTS validi, rispettivamente, per condizioni di tensione dissimmetriche e simmetriche:

- VTS mono/bi-fase (VTS 1 Φ /2 Φ). Agisce in base alla presenza di tensioni omopolari o di sequenza inversa accompagnata dall'assenza di correnti omopolari o di sequenza inversa che, insieme, indicano la presenza di interruzioni di fase oppure di corto circuiti in una o due fasi.

- VTS trifase (VTS 3 Φ). Agisce in base alla presenza di un salto negativo delle tre tensioni di fase che, in assenza di un corrispondente salto positivo delle tre correnti, indica la presenza di interruzioni di fase oppure di corto circuiti con interessamento di tutte e tre le fasi.

8.6.4. Rilevazione di fase interrotta (Broken conductor)

La funzione per il rilevamento di una o due fasi aperte (Broken conductor) deve essere prevista in ogni apparato di protezione di linea ma solo come segnalazione di Allarme acquisita dai sistemi di monitoraggio e dai centri di conduzione a distanza. Non deve essere mai associata a comandi di scatto. L'apertura di interruttori per isolare componenti della rete funzionanti con una o due fasi aperte è una operazione manuale riservata agli operatori del sistema.

8.6.5. Scatto su comando di chiusura interruttore in presenza di guasto (SOTF)

La funzione SOTF (Switch On To Fault) ha lo scopo di provocare lo scatto istantaneo della protezione in caso di comando di chiusura manuale oppure di richiusura lenta automatica su guasto. La funzione è attiva solo per un tempo predeterminato.

8.7. Tarature e verifiche periodiche degli apparati

Le tarature delle protezioni contro i guasti in rete sono definite dal Gestore secondo quanto indicato in Allegato A11 [A.11] e devono essere impostate sugli apparati a cura del Titolare dell'impianto, assicurando la tracciabilità delle operazioni secondo procedure concordate. Per ogni apparato di protezione si dovranno svolgere, con periodicità minima di 4 anni, prove periodiche volte alla verifica della sua completa funzionalità e della rispondenza del setting di taratura impostato. Il Titolare dell'impianto dovrà mantenere la documentazione delle prove effettuate ed un registro di tali verifiche. Terna potrà chiedere a discrezione anche agli altri Titolari i registri ed i rapporti di dettaglio delle prove eseguite.

9. CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI

La classificazione degli impianti, necessaria per fissare gli obiettivi del sistema di protezione, deriva dalla loro funzione nel sistema elettrico, dal tipo di esecuzione degli stessi (in aria o blindati) e dai vincoli di cooperazione con gli impianti adiacenti nell'eliminazione di guasti in particolari zone.

Nel seguito sono individuate le categorie di impianti, denominate *tipi*, definendo *principali* quelle che derivano da esigenze funzionali e *derivate* tutte le altre.

Le soluzioni protettive standard sono riportate al Capitolo 10, mentre, quelle da adottare negli stalli che collegano impianti di tipo diverso sono descritte al Capitolo 11.

9.1. Categorie principali

La totalità delle stazioni è stata suddivisa in tre categorie principali individuate sulla base della funzione da esse svolta nell'esercizio del sistema elettrico.

- **Tipo A**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto con funzione di trasmissione primaria. A tale categoria appartengono tutte le stazioni a 380 kV e le stazioni a 220 kV, con funzioni di trasformazione, consegna e smistamento. Ad esse si aggiungono le stazioni a 220 kV prossime a importanti centrali di generazione per le quali è richiesta l'eliminazione rapida dei guasti per motivi di stabilità transitoria.

- **Tipo B**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto la cui funzione di trasmissione primaria è stata superata dalla sovrapposizione della rete a 380 kV, ma che non sono ancora classificabili di distribuzione. Essenzialmente si tratta di stazioni a 220 kV, ma possono essere compresi in questa categoria stazioni a 150-132 kV con funzione di sub-trasmissione, smistamento o prossime a impianti di generazione di entità rilevante.

- **Tipo C**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto a 150-132 e 220 kV con funzione di distribuzione oppure annesse ad impianti con gruppi di produzione di piccola e media taglia.

9.2. Categorie derivate

Alla classificazione precedente si aggiungono delle sotto-classi che richiedono un arricchimento della struttura del sistema di protezione della stazione quando quest'ultima è in esecuzione blindata.

Le classi previste sono le seguenti:

- **Tipo A.1**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto a 380 kV e 220 kV in esecuzione blindata.

- **Tipo B.1**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto di tipo C a 150-132 kV in esecuzione blindata.

Alle precedenti categorie principali se ne aggiunge una quarta che richiede l'installazione di protezioni contro la mancata apertura interruttore in almeno uno stallo:

- **Tipo D**

Categoria costituita da impianti o sezioni d'impianto di tipo C interfacciati ad impianti o sezioni d'impianto di tipo A.1 e B.1 e ad essi collegati tramite linee o trasformatori.

10. DESCRIZIONE DELLE SOLUZIONI PROTETTIVE

10.1. Generalità

Questa sezione è dedicata alla descrizione delle soluzioni da adottare, in funzione del tipo di impianto, nel rispetto delle esigenze e dei criteri menzionati nei Capitoli precedenti.

In particolare, per ogni categoria sono ricordate le esigenze funzionali e riportate le soluzioni protettive per i seguenti elementi di impianto:

- Sbarre;
- Linea;
- Parallelo Sbarre;
- Congiuntore Sbarre (singolo o doppio)²;
- Autotrasformatore AT/AT;
- Phase Shifter Trasformer
- Trasformatore AT/MT;
- Batterie Condensatori;
- Reattori Shunt;
- Arrivo Utente.

Sono messi in evidenza i casi in cui si verificano eventuali violazioni dei requisiti di rapidità e/o selettività.

L'insieme delle protezioni di ciascun componente è chiamato modulo e sarà descritto nei Paragrafi seguenti. La struttura della stazione considerata è quella completa a doppia sbarra. La disposizione tipica dei TA e degli organi di manovra è quella illustrata in Fig.1.

In presenza di schemi d'impianto più semplici, come ad esempio le stazioni in singola sbarra, gli assetti delle protezioni saranno dimensionati tenendo conto della minore complessità impiantistica.

² Nei nuovi impianti o nei rifacimenti di impianti e/o sezioni di tipo B e C realizzati in aria o con moduli compatti integrati si utilizza il layout con doppio congiuntore sbarre.

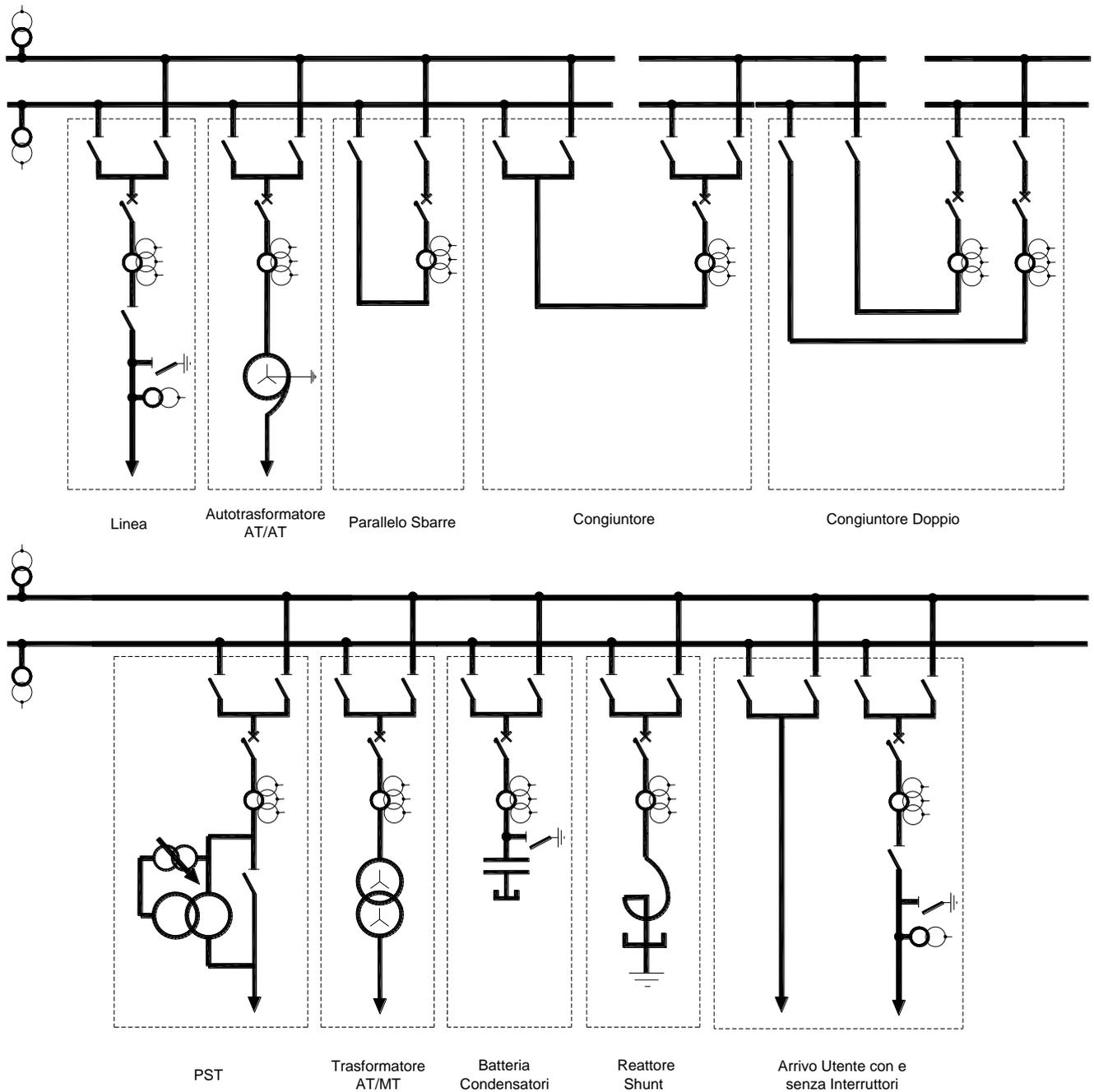


Fig.1 - Principali componenti di una stazione AAT o AT

10.2. Aree di guasto

Con riferimento alla Fig. 2 ed alla Fig. 3 relative a stalli linea e parallelo sbarre di impianto isolato in aria e di impianto in esecuzione blindata, si individuano le seguenti aree di guasto:

- A: area di sbarra compresa tra gli interruttori afferenti ad un determinato sistema di sbarre e le sbarre stesse (forchetta);
- B: area di stallo linea compresa tra TA lato linea ed interruttore;
- BA: area di stallo linea in impianti blindati compresa tra TA lato sbarra ed interruttore;
- C: area di stallo linea in impianti blindati compresa tra confine blindato e TA lato linea (terminale blindato);
- D: area di stallo parallelo sbarre (K) compresa tra TA ed interruttore.

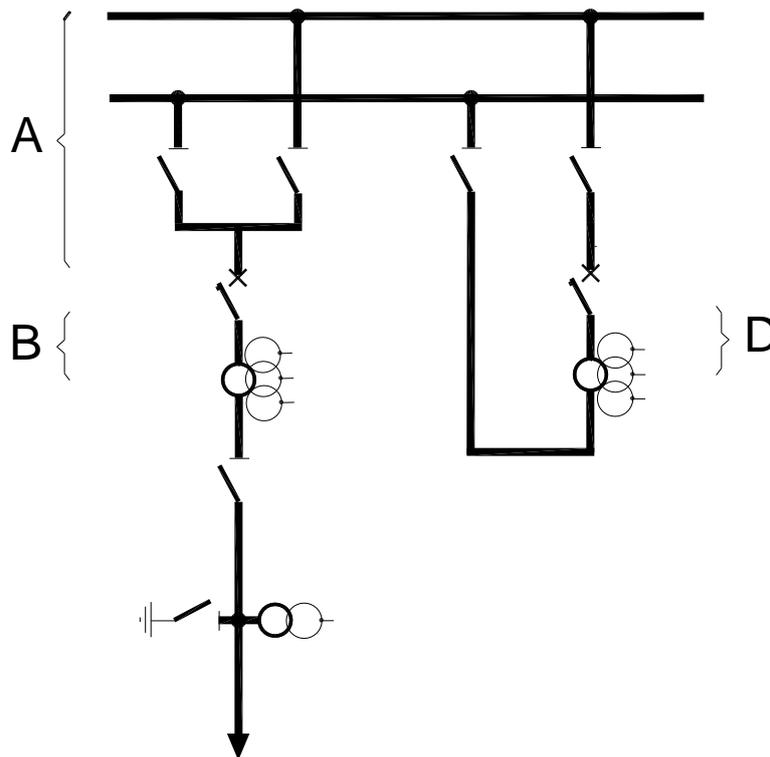


Fig. 2 - Aree di guasto negli stalli linea e parallelo sbarre di impianto isolato in aria

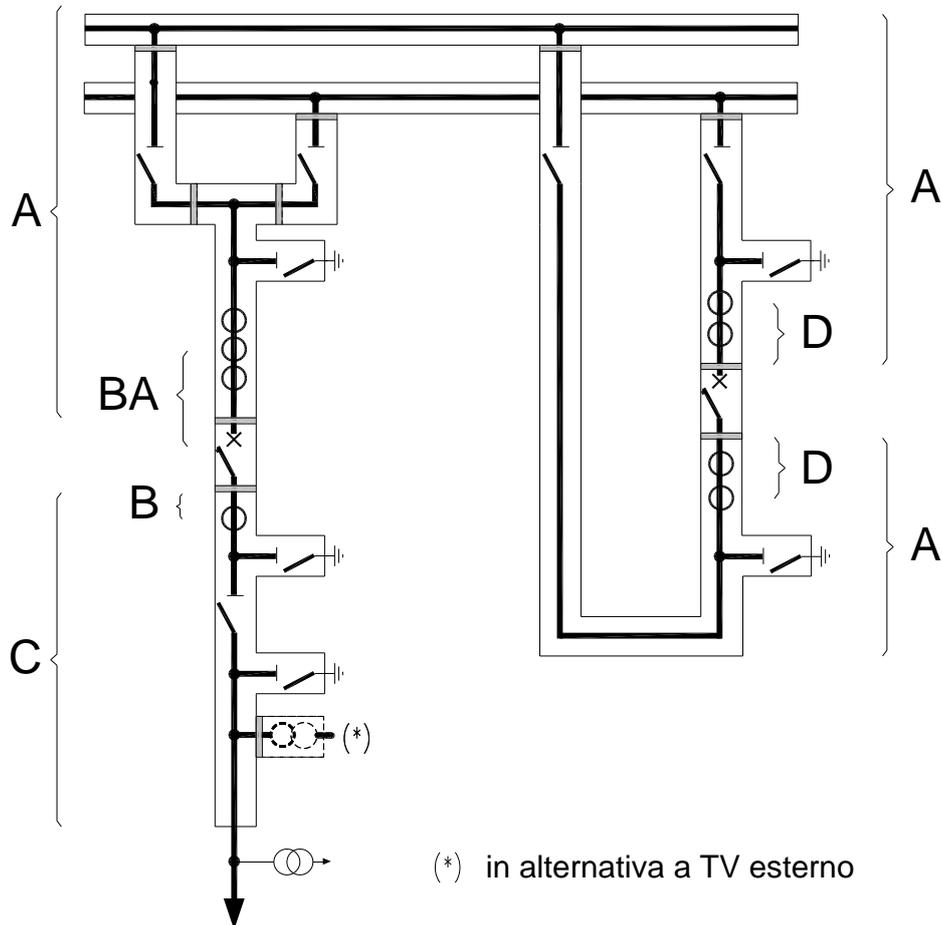


Fig. 3 - Aree di guasto negli stalli linea e parallelo sbarre di impianto in esecuzione blindata

10.3. Tempi di eliminazione dei guasti

La determinazione dei tempi di eliminazione dei guasti è stata effettuata ipotizzando, cautelativamente, i seguenti tempi di intervento degli apparati di protezione, degli organi di interruzione e dei sistemi ausiliari.

Tempi operativi di riferimento	
Misura e scatto protezione distanziometrica (21)	30 ms
Ritardo per 2 ^a zona protezione distanziometrica (21)	300 ms
Ritardo per 3 ^a zona protezione distanziometrica (21)	800 ms
Ritardo per 4 ^a zona protezione distanziometrica (21)	1.4 ÷ 3.5 s
Tempi di invio e ricezione segnale di telepilotaggio (TP)	20 ms
Misura e scatto protezione differenziale di linea (87L)	30 ms
Misura e scatto protezione di sbarra (87SB)	30 ms
Tempo apertura interruttore	25÷50 ms ³
Ritardo di intervento impostato nella protezione Mancata Apertura Interruttore (MAI)	120 ms
Tempo smistamento comandi della protezione MAI	20 ms
Tempo acquisizione segnale dai fotorilevatori interni al blindato	20 ms ⁴

Combinando i tempi ipotizzati, secondo le logiche d'intervento, risultano i seguenti tempi totali:

Tempi totali di eliminazione dei guasti	
Eliminazione del guasto in 1 ^a zona protezione distanziometrica (21)	55÷80 ms ⁵
Eliminazione del guasto in 1 ^a zona estesa protezione distanziometrica (21 con TP)	75÷100 ms ³
Eliminazione del guasto in 2 ^a zona protezione distanziometrica (21)	350 ms
Eliminazione del guasto in 3 ^a zona protezione distanziometrica (21)	850 ms
Eliminazione del guasto in 4 ^a zona protezione distanziometrica (21)	1.45÷3.55 s
Eliminazione del guasto per intervento protezione differenziale di linea (87L)	55÷80 ms ³
Eliminazione del guasto per intervento protezione differenziale di sbarra (87SB)	55÷80 ms ³
Eliminazione del guasto per intervento MAI:	
a seguito di intervento protezione di sbarra (87SB): guasto nell'area D tra TA e interruttore K	195÷220 ms ³
a seguito di intervento 1 ^a zona protezione distanziometrica (21)	195÷220 ms ³
a seguito di intervento 1 ^a zona estesa protezione distanziometrica (21)	215÷240 ms ³
Eliminazione guasti per intervento logiche di riserva alla protezione di sbarra (LSPS)	220 ms ⁴

³ Il tempo inferiore si riferisce ai moderni interruttori dei livelli di tensione 380 kV e 220 kV mentre il tempo più elevato si riferisce ad interruttori di media vita utile del livello di tensione 150-132 kV.

⁴ E' accettato anche un tempo superiore a tale valore purché il tempo di eliminazione dei guasti a seguito dell'intervento delle LSPS risulti compatibile con quanto indicato 6.1.2

⁵ Le differenze di tempo dipendono dal tempo di apertura considerato dell'interruttore

10.4. Impianti di tipo A

10.4.1. Impianti d'appartenenza

Il riferimento è a stazioni in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6:

- a 380 kV.
- a 220 kV con funzione di trasmissione e trasformazione di primaria importanza
- a 220 kV adiacenti o prossime a centrali rilevanti per la sicurezza e la continuità del sistema elettrico.

La Fig. 4 illustra l'assetto delle protezioni dello stallo linea e dello stallo parallelo sbarre di un impianto, o sezione d'impianto, isolato in aria di tipo A.

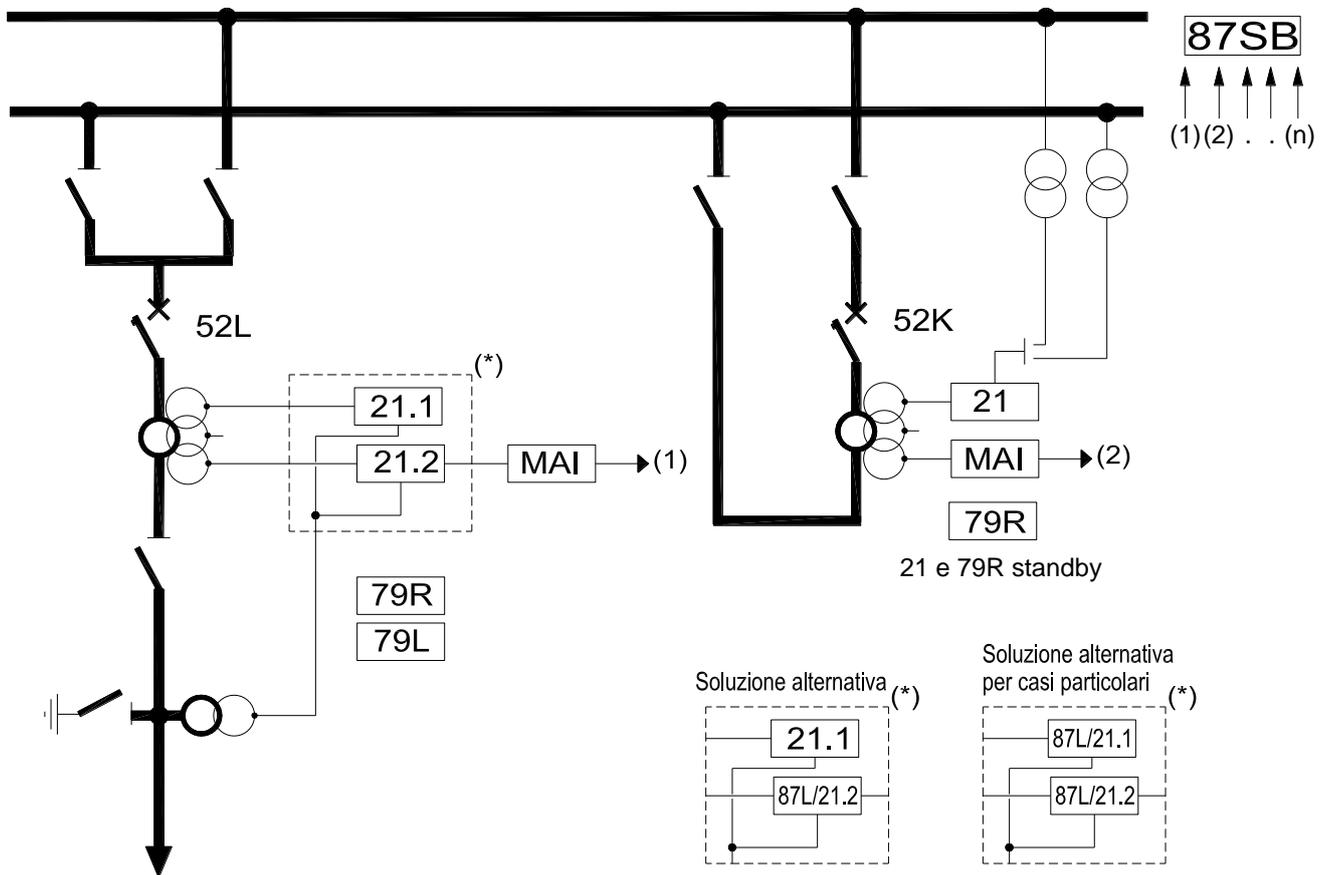


Fig. 4 - Assetto protezioni stallo linea e stallo K di impianto isolato in aria di tipo A

10.4.2. Esigenze

Esigenze protettive impianti tipo A	
Tempo massimo di eliminazione dei guasti in rete in condizioni standard:	250 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in linea in condizioni standard:	100 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in sbarra in condizioni standard:	100 ms
Selettività richiesta:	Alta
Ridondanza:	richiesta
Ritardo massimo ammesso nella eliminazione dei guasti:	120 ms

10.4.3. Assetto delle protezioni

Assetto protezioni impianti tipo A	
Alimentazione cc:	doppia
Sbarre:	protezione differenziale di sbarra protezione contro la mancata apertura degli interruttori
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LA):	doppia protezione distanziometrica con doppio telepilotaggio (schemi AU, PO, BO) <i>oppure</i> protezione distanziometrica con singolo telepilotaggio (schemi AU, PO, BO) e protezione differenziale di linea con funzione distanziometrica integrata <i>oppure in casi particolari</i> ⁶ doppia protezione differenziale con distanziometrica integrata richiusura rapida automatica richiusura lenta automatica
Parallelo Sbarre (Modulo K):	singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by
Congiuntore (Modulo C)	modulo non previsto
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12

⁶ Per la descrizione dei casi di applicazione di tale soluzione si rimanda all'Appendice A

Assetto protezioni impianti tipo A	
Phase Shifter Trasformer (Modulo PST)	Capitolo 13
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17

E' richiesto che una o entrambe le protezioni distanziometriche degli stalli linea abbiano una zona in direzione contraria asservita alla funzione Prova Forchetta. La stessa funzione non è prevista nello stallo parallelo sbarre (K).

10.5. Impianti di tipo B

10.5.1. Impianti d'appartenenza

Il riferimento è a stazioni in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6:

- a 220 kV, con funzione di trasmissione e trasformazione di media importanza
- a 220 kV adiacenti o prossime a centrali
- a 150-132 kV, con rilevanti funzioni di sub-trasmissione e/o smistamento
- a 150-132 kV, adiacenti o prossime a centrali con gruppi di produzione di entità rilevante

La Fig. 5 illustra l'assetto delle protezioni dello stallo linea e dello stallo parallelo sbarre di un impianto di tipo B isolato in aria.

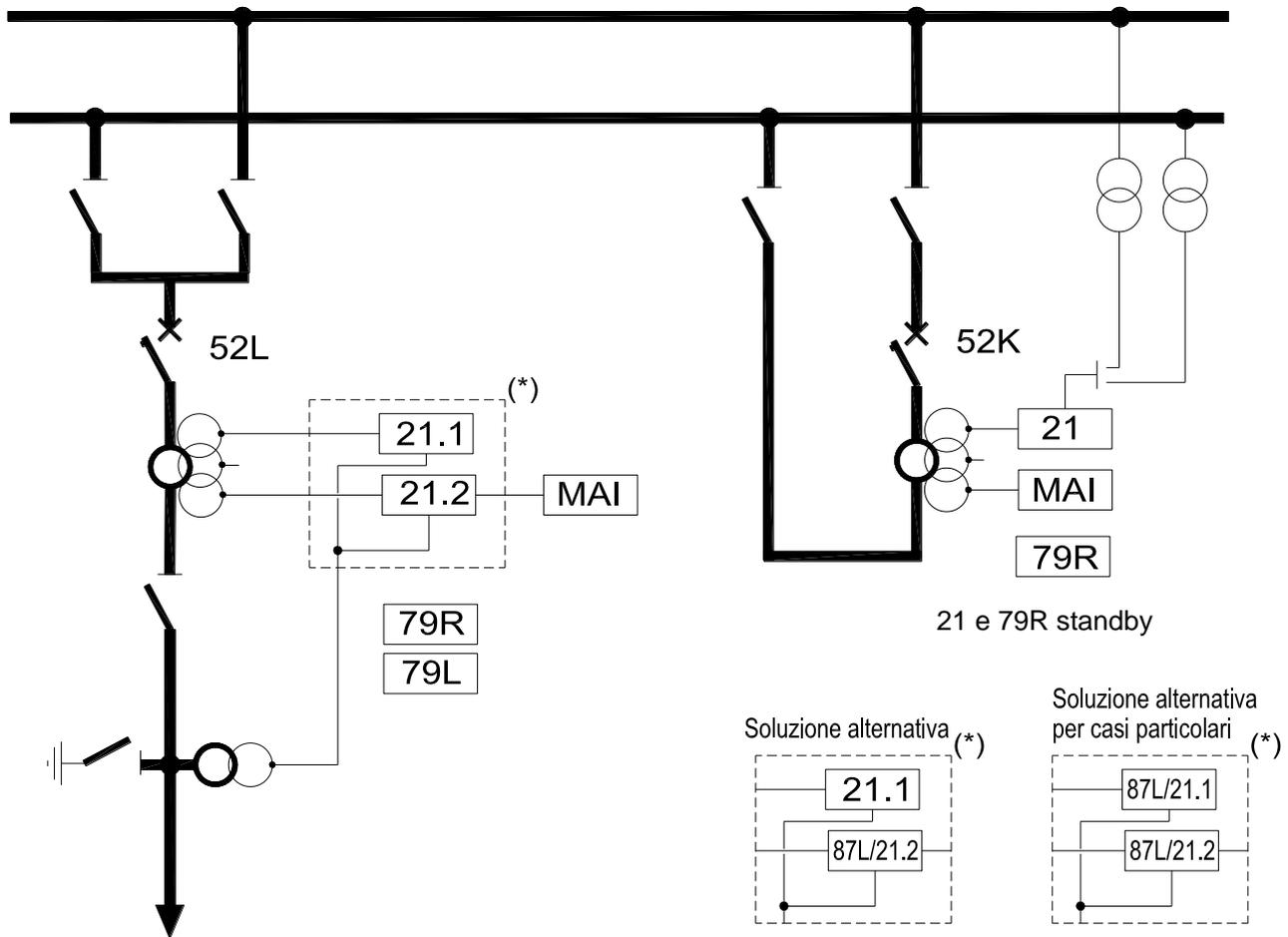


Fig. 5 - Assetto protezioni stallo linea e stallo K di impianto isolato in aria di tipo B

10.5.2. Esigenze

Esigenze protettive impianti tipo B	
Tempo massimo di eliminazione dei guasti in rete in condizioni standard:	500 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in linea in condizioni standard:	350 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in sbarra in condizioni standard:	350 ms
Selettività richiesta:	media
Ridondanza:	richiesta
Ritardo massimo ammesso nella eliminazione dei guasti:	120 ms

Il tempo massimo di eliminazione dei guasti consente di non adottare la protezione di sbarra ed il telepilotaggio, ma obbliga ad installare la protezione contro la mancata apertura interruttore senza la quale i guasti in linea oppure in sbarra senza l'apertura dell'interruttore sarebbero eliminati dalle protezioni distanziometriche in zone superiori alla seconda.

10.5.3. Assetto delle protezioni

Assetto protezioni impianti tipo B		
Alimentazione cc:	doppia	
Sbarre:	protezione contro mancata la apertura degli interruttori	
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LB):	doppia protezione distanziometrica senza telepilotaggio <i>oppure</i> protezione distanziometrica senza telepilotaggio e protezione differenziale di linea con funzione distanziometrica integrata <i>oppure in casi particolari</i> ⁷ doppia protezione differenziale con distanziometrica integrata richiusura rapida automatica richiusura lenta automatica	
Parallelo Sbarre (Modulo K):	singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by	
Congiunture (Modulo C):	A singolo interruttore (Modulo C-a):	nessuna protezione prevista
	A doppio interruttore (Modulo C-b):	protezione di massima corrente su ciascun congiuntore con sola funzione SOTF
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12	
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14	
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15	
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16	
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17	

⁷ Per la descrizione dei casi di applicazione di tale soluzione si rimanda all'Appendice A

10.6. Impianti di tipo C

10.6.1. Impianti d'appartenenza

Stazioni in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6:

- a 220 kV, con funzione di distribuzione
- a 150-132 kV, con funzioni di sub-trasmissione e distribuzione
- a 150-132 kV, adiacenti o prossime a centrali con gruppi di produzione di piccola e media taglia

La Fig. 6 illustra l'assetto delle protezioni dello stallo linea e dello stallo parallelo sbarre di un impianto di tipo C.

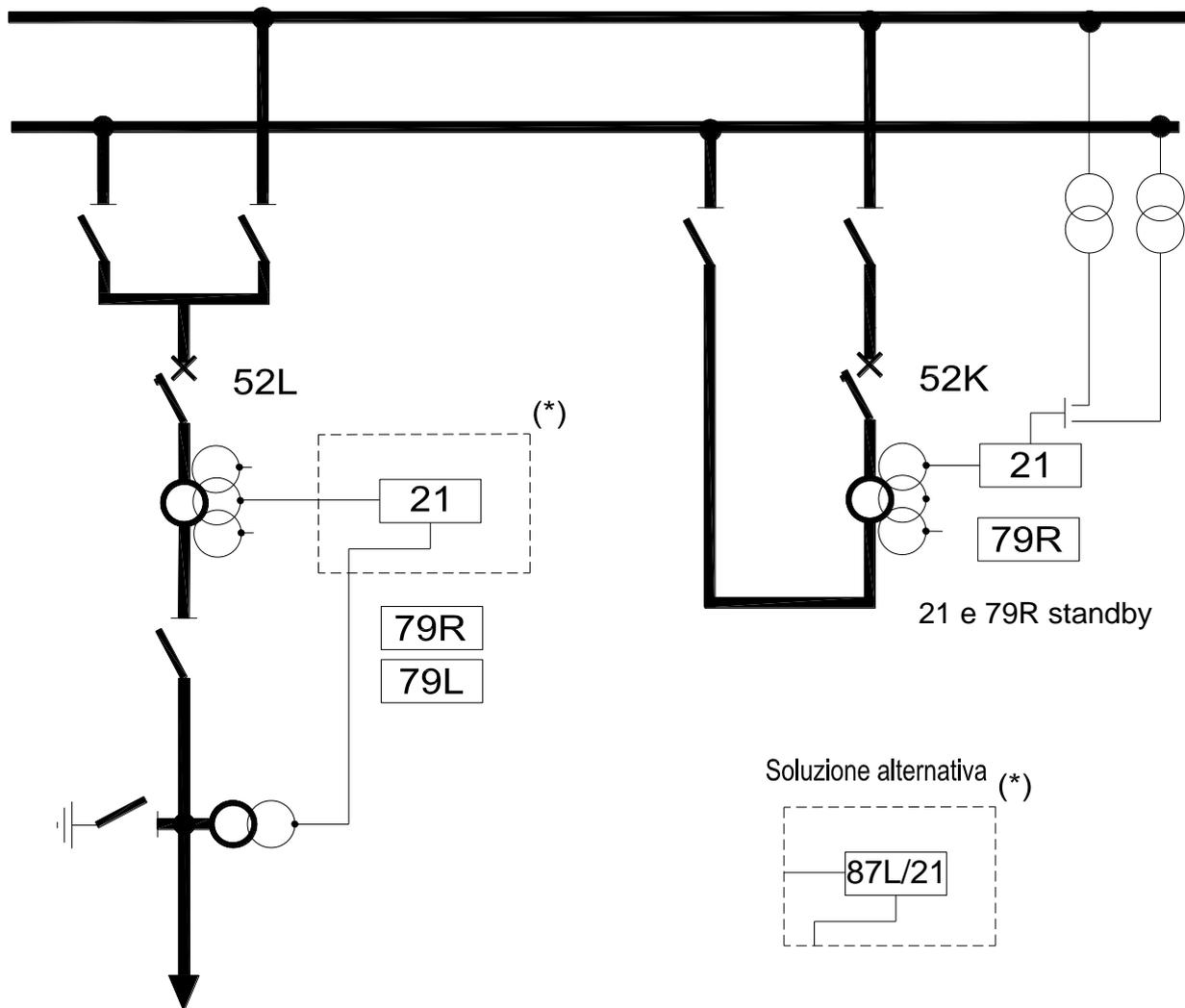


Fig. 6 - Assetto protezioni stallo linea e stallo K di impianto isolato in aria di tipo C

10.6.2. Esigenze

Esigenze protettive impianti tipo C	
Tempo massimo di eliminazione dei guasti in condizioni standard:	500 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in linea in condizioni standard:	350 ms
Tempo base di eliminazione dei guasti in sbarra in condizioni standard:	350 ms
Selettività richiesta:	bassa
Ridondanza:	non richiesta

10.6.3. Assetto delle protezioni

Assetto protezioni impianti tipo C		
Alimentazione cc:	singola	
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LC):	protezione distanziometrica singola senza telepilotaggio <i>oppure</i> protezione differenziale di linea con distanziometrica integrata	
Parallelo Sbarre (Modulo K):	singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by	
Congiunture (Modulo C):	A singolo interruttore (Modulo C-a):	nessuna protezione prevista
	A doppio interruttore (Modulo C-b):	protezione di massima corrente su ciascun congiuntore con sola funzione SOTF
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12	
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14	
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15	
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16	
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17	

10.7. Impianti di tipo A.1

10.7.1. Impianti d'appartenenza

Tutte le stazioni a 380 e 220 kV in esecuzione blindata. Le esigenze di protezione degli impianti a 220 kV di tipo B e C devono essere allineate a quelle degli impianti di tipo A per le considerazioni sui tempi massimi di eliminazione dei guasti interni all'involucro.

La Fig. 7 illustra l'assetto delle protezioni dello stallo linea e dello stallo parallelo sbarre di un impianto blindato di tipo A.1.

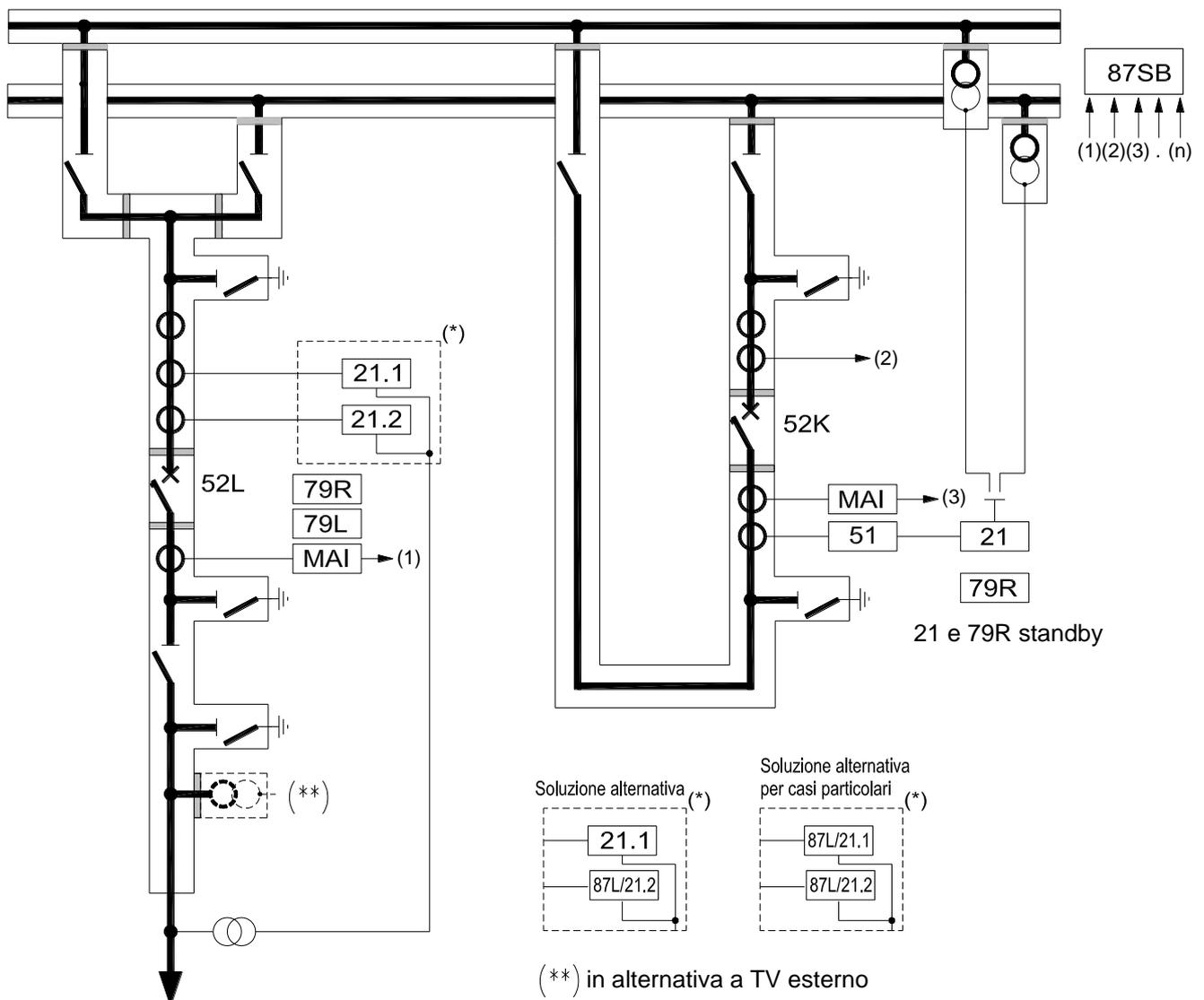


Fig. 7 - Assetto protezioni stallo linea e stallo K di impianto blindato di tipo A.1

10.7.2. Esigenze

Esigenze protettive impianti tipo A.1	
Tempo massimo di eliminazione dei guasti interni al blindato in condizioni standard (aree A e C di Fig. 3)	250 o 300 ms ⁸
Tempo base di eliminazione dei guasti interni al blindato in condizioni standard (aree A e C di Fig. 3):	100 ms
Tempo massimo di eliminazione dei guasti in linea, fuori dal blindato in condizioni standard:	come da classificazione funzionale dell'impianto (tipo A, B oppure C)
Blocco RRA e RLA	richiesto per guasti nell'area C
Selettività richiesta:	come da classificazione funzionale dell'impianto (tipo A, B oppure C)
Ridondanza:	richiesta per i guasti interni al blindato
Ritardo massimo ammesso nella eliminazione dei guasti:	120 ms

La ridondanza deve essere assicurata per ogni tipo di guasto interno al blindato: l'esigenza espressa comporta, oltre ad una stretta cooperazione degli impianti adiacenti nell'eliminazione dei guasti interni al blindato, anche la costituzione di una ridondanza alla protezione di sbarra esclusivamente per motivi di sicurezza e di salvaguardia dei materiali.

Tale ridondanza è possibile senza ricorrere alla duplicazione della protezione differenziale in quanto gli impianti blindati, al contrario di quelli in aria, consentono di rilevare l'insorgenza di guasti interni tramite sensori ai quali si può affidare il compito di *avviare* le protezioni di tipo elettrico di impianti adiacenti a cui affidare l'eliminazione del guasto in anticipo sulle seconde zone.

⁸ Il tempo massimo di 250 ms si applica agli impianti blindati antecedenti la norma CEI EN 62271-203; il tempo di 300 ms si applica invece agli impianti successivi a tale norma e ad essa rispondenti. Nel caso di impianti 380kV e 220 kV l'esigua differenza di tempistica non consente l'adozione di sistemi di protezione diversi.

10.7.3. Assetto delle protezioni - Disposizione dei TA

La modularità degli impianti blindati consente di agire sul numero e sulla posizione dei TA. Per gli stessi si prevede la seguente disposizione:

- **Stallo Linea:** due nuclei protezione lato sbarra per l'alimentazione di 21.1 e 21.2 (oppure 21.1 e 87L/21.2 oppure 87L/21.1 e 87L/21.2);
un nucleo protezione lato linea per l'alimentazione di 87SB e MAI.
- **Stallo Parallelo Sbarre (K):** un nucleo protezione a monte dell'interruttore K per l'alimentazione di 87SB di una sbarra (ad es. sbarra A)
due nuclei protezione a valle dell'interruttore K per l'alimentazione di 87SB dell'altra sbarra (ad es. sbarra B), 51K, MAI e 21K stand by.

Con la soluzione adottata per lo stallo linea si consegue il vantaggio di eliminare in tempo base i guasti nella *area C* del blindato (vedere Fig. 3), applicando la tecnica dell'estensione di zona delle protezioni distanziometriche degli impianti affacciati e nel contempo si assicura la dovuta ridondanza.

La soluzione adottata per lo stallo K del blindato consente di eliminare i guasti tra i TA e l'interruttore (*area D* Fig. 3) col solo concorso della protezione di sbarra (87SB), senza dover ricorrere, come accade negli impianti in aria, alla protezione MAI. Ciò comporta un evidente vantaggio per il tempo di eliminazione del guasto.

In questo tipo di impianto non è mai prevista la funzione Prova Forchetta (PF)

Assetto protezioni impianti tipo A.1	
Alimentazione cc:	doppia
Sbarre:	protezione di sbarra protezione contro la mancata apertura degli interruttori logiche di riserva alla protezione di sbarra (LSPS)
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LA.1):	doppia protezione distanziometrica con doppio telepilotaggio (schemi AU, PO) <i>oppure</i> protezione distanziometrica con singolo telepilotaggio (schemi AU, PO) e protezione differenziale di linea con funzione distanziometrica integrata <i>oppure in casi particolari</i> ⁹ doppia protezione differenziale con distanziometrica integrata teleinibizione logiche LBRA e LSPS/L in trasmissione richiusura rapida automatica richiusura lenta automatica
Parallelo Sbarre (Modulo K):	protezione di massima corrente con LSPS/K singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by
Congiunture (Modulo C):	modulo non previsto
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12
Phase Shifter Trasformer (Modulo PST)	Capitolo 13
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16

⁹ Per la descrizione dei casi di applicazione di tale soluzione si rimanda all'Appendice A

Assetto protezioni impianti tipo A.1	
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17

10.7.4. Logiche LBRA e LSPS

Le logiche di Blocco delle Richiusure Automatiche (LBRA) e di Soccorso alla Protezione di Sbarra (LSPS) sono basate sulla rilevazione della posizione del guasto all'interno del blindato effettuata mediante i rilevatori ottici di arco.

Tuttavia, per comandare l'apertura degli interruttori la condizione di guasto deve essere tassativamente confermata dalle protezioni di tipo elettrico installate in stazione o nelle stazioni al contorno.

In caso di interruttore di linea aperto nell'impianto blindato le azioni di blocco delle richiusure automatiche rapide e lente possono essere attivate direttamente dai rilevatori d'arco.

Di seguito sono descritte le logiche LBRA, LSPS/L e LSPS/K mentre per le logiche LSPS/T , LSPS/PST e LSPS/AU, relative rispettivamente agli stalli trasformatore, PST e arrivo utente, si rimanda ai Capitoli 12 13 e 17.

Logica LBRA

Scopo di questa logica (ved. Fig. 8) è il blocco delle RRA e RLA degli interruttori locali e degli stalli linea affacciati per guasto nell'area C del blindato (comparto terminale linea di Fig. 3), onde evitare di rialimentare il comparto guasto dopo il suo isolamento ad opera delle protezioni distanziometriche. Il blocco delle richiusure automatiche remote è ottenuto per invio di un segnale di teleinibizione TI. Al fine di evitare erronei rilanci di tensione, è conveniente estendere l'inibizione anche alla chiusura degli interruttori precedentemente aperti.

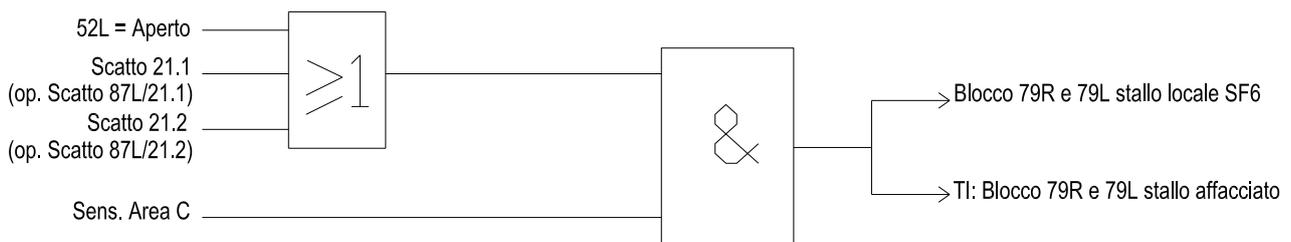


Fig. 8 - Logica LBRA per stallo linea di impianto blindato

Logica LSPS/K

Scopo di questa logica (ved. Fig. 9) è assicurare la riserva alla protezione di sbarra (87SB) per guasto localizzato nella area A del blindato (comparti sbarra, sezionatori di sbarra e raccordi con interruttori Fig. 3). E' realizzata mediante abilitazione della soglia istantanea della protezione di massima corrente installata nello stallo parallelo sbarre K con apertura dell'interruttore relativo.

Poiché la logica agisce su organi di interruzione comandati anche dalla protezione 87SB, essa può operare in parallelo alla protezione principale senza ritardi intenzionali. Con l'ausilio delle logiche LSPS/L (di seguito descritta), LSPS/T (descritta nel Capitolo 12) e LSPS/PST (descritta nel capitolo 13) e LSPS/AU (descritta nel Capitolo 17), si potrà così, ottenere l'isolamento selettivo della sola sbarra guasta.

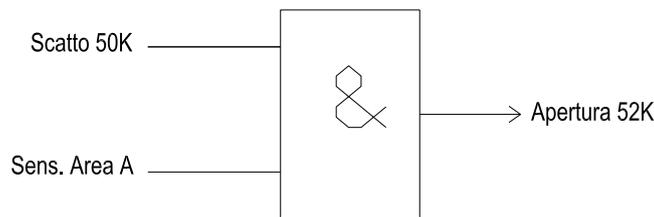


Fig. 9 - Logica LSPS/K per stallo parallelo sbarre di impianto blindato

Logica LSPS/L

Scopo di questa logica (ved. Fig. 10) è assicurare la riserva al mancato intervento o ad un fuori servizio della protezione di sbarra per guasto localizzato nell'area A del blindato (comparti sbarra, sezionatori di sbarra e raccordi con interruttori di Fig. 3). E' realizzata mediante l'estensione della prima zona delle protezioni distanziometriche agli estremi opposti delle linee afferenti al blindato (segnale di telepilotaggio TP), e blocco delle richiuse rapide e lente associate (segnale di teleinibizione TI).

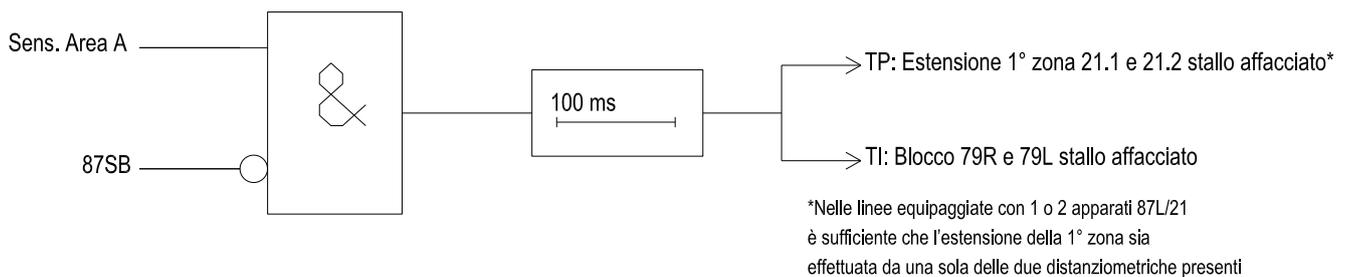


Fig. 10 - Logica LSPS/L per stallo linea di impianto blindato

In caso di linee corte, con schema di teleprotezione di tipo PO, il segnale di telepilotaggio TP attivato dalla logica LSPS/L è utilizzato per consentire lo scatto della 1° zona over-reaching della protezione distanziometrica affacciata.

Il ritardo di 100 ms introdotto nello schema ha lo scopo di fare agire le protezioni delle stazioni al contorno solo dopo che, nella stazione sede di guasto, si sono già aperti gli interruttori dello stallo K per effetto della logica LSPS/K; in tal modo interverranno le protezioni dei soli collegamenti afferenti alla sbarra guasta lasciando in servizio le linee riferite alla sbarra sana.

10.7.5. Telepilotaggio

Negli impianti blindati di categoria A.1 il sistema di telepilotaggio è parte integrante del sistema di protezione della stazione contro i guasti interni e, per questa funzione, richiede la realizzazione di logiche aggiuntive riepilogate nello schema logico di Fig. 11.

La cooperazione con le protezioni distanziometriche degli impianti al contorno è richiesta per le seguenti situazioni:

- guasto nel comparto terminale linea con interruttore chiuso e con interruttore aperto; nel primo caso il telepilotaggio è attivato, in modo tradizionale, dallo scatto delle protezioni distanziometriche locali, nel secondo è attivato dai rilevatori d'arco del comparto terminale.

- guasto nell'area sbarre con mancato intervento della protezione 87SB; in questo caso deve agire la logica LSPS, associata al funzionamento dei fotorilevatori dei comparti di sbarra, già descritta nel Paragrafo precedente.
- guasto nell'area sbarre con intervento della protezione 87SB e mancata apertura di un interruttore di linea; in questo caso il telepilotaggio è attivato dalla protezione MAI dello stallo linea.

Normalmente, lo schema di teleprotezione usato è quello ad estensione di zona (AU), ma le logiche sopra indicate si applicano anche allo schema a consenso (PO) utilizzato in presenza di linee corte.

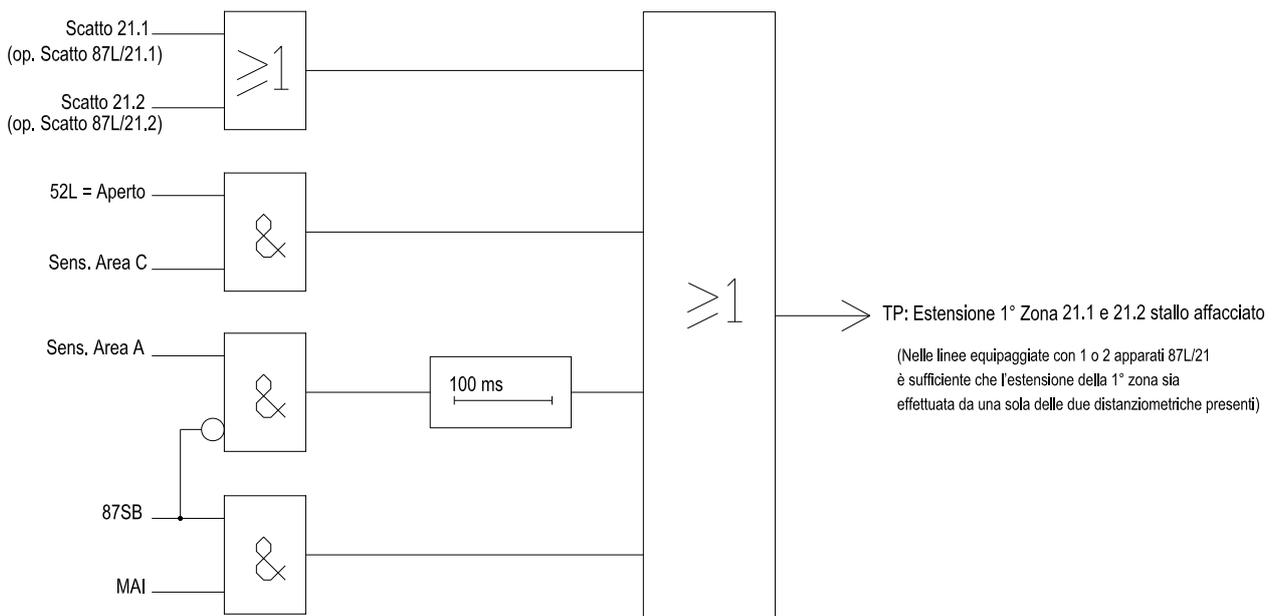


Fig. 11 – Stallo linea di impianto blindato: logiche di trasmissione telepilotaggio alle protezioni distanziometriche dello stallo linea affacciato (schema AU)

10.8. Impianti di tipo B.1

10.8.1. Impianti d'appartenenza

Impianti e sezioni di impianto a 150-132 kV in esecuzione blindata.

10.8.2. Esigenze

Esigenze protettive impianti tipo B.1	
Tempo massimo di eliminazione dei guasti interni al blindato in condizioni standard (aree A e C):	300 o 500 ms ¹⁰
Tempo base di eliminazione dei guasti interni al blindato in condizioni standard (aree A e C):	100 o 350 ms ¹¹
Tempo massimo di eliminazione dei guasti in linea, fuori dal blindato in condizioni standard:	come da classificazione funzionale dell'impianto (tipo B e C)
Blocco RRA e RLA	richiesto per guasti nell'area C
Selettività richiesta:	media o bassa
Ridondanza:	richiesta per i guasti interni al blindato
Ritardo massimo ammesso nella eliminazione dei guasti:	120 ms

La selettività richiesta è media o bassa in quanto, dal punto di vista della collocazione nel sistema elettrico, questi impianti sono da considerare di tipo B o C.

10.8.3. Assetto delle protezioni

Per gli impianti blindati le prescrizioni sono diverse secondo che essi siano conformi o meno alla norma CEI EN 62271-203.

A) Per gli impianti blindati antecedenti a tale norma l'assetto delle protezioni è identico a quello degli impianti di tipo A.1 con la sola eccezione relativa al telepilotaggio che non deve essere necessariamente realizzato in doppia via. Per il livello di tensione 150-132 kV è accettabile il telepilotaggio singolo considerando che, in caso di esclusione e/o anomalia, le protezioni dello stallo affacciato al blindato devono essere predisposte al funzionamento in zona estesa per tutta la durata del fuori servizio.

¹⁰ Il tempo di 300 ms si applica agli impianti blindati antecedenti la norma CEI EN 62271-203; il tempo di 500 ms si applica invece agli impianti successivi a tale norma e ad essa rispondenti.

¹¹ Il tempo base di 100 ms si riferisce agli impianti blindati antecedenti la norma CEI EN 62271-203; il tempo di 350 ms si riferisce invece agli impianti successivi a tale norma e ad essa rispondenti.

Assetto protezioni impianti tipo B.1 non conformi CEI EN 62271-203		
Alimentazione cc:	doppia	
Sbarre	protezione di sbarra protezione contro la mancata apertura degli interruttori logiche di riserva alla protezione di sbarra (LSPS)	
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LB.1A):	doppia protezione distanziometrica e singolo telepilotaggio (schemi AU e PO) oppure protezione distanziometrica con singolo telepilotaggio (schemi AU e PO) e protezione differenziale di linea con funzione distanziometrica integrata <i>oppure in casi particolari¹²</i> doppia protezione differenziale con distanziometrica integrata teleinibizione logiche LBRA e LSPS/L in trasmissione richiusura rapida automatica richiusura lenta automatica	
Parallelo Sbarre (Modulo K):	protezione di massima corrente con LSPS/K singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by	
Congiunture (Modulo C):	A singolo interruttore (Modulo C-a):	protezione di massima corrente con funzione LSPS/C
	A doppio interruttore (Modulo C-b):	protezione di massima corrente su ciascun congiuntore con funzione SOTF e LSPS/C
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12	
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14	
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15	
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16	

¹² Per la descrizione dei casi di applicazione di tale soluzione si rimanda all'Appendice A

Assetto protezioni impianti tipo B.1 non conformi CEI EN 62271-203

Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17
-------------------------------	-------------

B) Per gli impianti blindati successivi alla norma CEI EN 62271-203 e ad essa rispondenti, l'assetto delle protezioni si differenzia dal caso A) precedente sia per l'assenza di sistemi di teleprotezione ad estensione di zona che per l'assenza dei sistemi di teleinibizione per il blocco delle richiuse automatiche e delle chiusure manuali. La mancanza di teleprotezioni rende superflue anche le logiche di soccorso alla protezione differenziale di sbarra per l'invio di segnali alle protezioni ed alle richiuse automatiche degli impianti al contorno. In questo tipo di impianto non è mai prevista la funzione Prova Forchetta (PF).

Assetto protezioni impianti tipo B.1 conformi CEI EN 62271-203

Alimentazione cc:	doppia	
Sbarre	protezione differenziale di sbarra protezione contro la mancata apertura degli interruttori	
Linea (aerea, in cavo o mista aerea/cavo) (Modulo LB.1B):	doppia protezione distanziometrica <i>oppure</i> protezione distanziometrica e protezione differenziale di linea con funzione distanziometrica integrata <i>oppure in casi particolari¹³</i> doppia protezione differenziale con distanziometrica integrata richiusura rapida automatica richiusura lenta automatica	
Parallelo Sbarre (Modulo K):	singola protezione distanziometrica stand by richiusura rapida automatica stand by	
Congiunture (Modulo C):	A singolo interruttore (Modulo C-a):	nessuna protezione prevista
	A doppio interruttore (Modulo C-b):	singola protezione di massima corrente su ciascun congiuntore con sola funzione di SOTF
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12	
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14	
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15	

¹³ Per la descrizione dei casi di applicazione di tale soluzione si rimanda all'Appendice A

Assetto protezioni impianti tipo B.1 conformi CEI EN 62271-203

Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17

10.8.4. Logiche LBRA e LSPS

Le Logiche di Blocco delle Richiusure Automatiche (LBRA) e di Soccorso alla Protezione di Sbarra (LSPS) degli impianti di tipo B.1 sono le stesse indicate per gli impianti di tipo A.1 alle quale si rinvia (vedi paragrafo 10.7.4)

In aggiunta è prevista una logica di soccorso alla protezione di sbarra tramite utilizzo dell'interruttore del modulo congiunture (LSPS/C)

Scopo di questa logica è assicurare la riserva alla protezione di sbarra (87SB) per guasto localizzato nella area A del blindato (comparti sbarra, sezionatori di sbarra e raccordi con interruttori Fig. 3). È realizzata mediante abilitazione della soglia istantanea delle protezioni di massima corrente montate negli stalli congiuntore con apertura dell'interruttore relativo. Lo schema di intervento è analogo a quello della LSPS/K riportato in Fig.9 sostituendo la protezione a massima corrente 50K con la protezione 50C e il comando di apertura dell'interruttore 52K con il comando di apertura del comando 52C.

10.8.5. Telepilotaggi

Le logiche di trasmissione telepilotaggio per lo stallo linea d'impianto blindato di tipo B.1 sono le stesse indicate per gli impianti di tipo A.1 alle quali si rinvia (vedi paragrafo 10.7.5)

10.9. Impianti di tipo D

10.9.1. Impianti d'appartenenza

Il riferimento è a impianti o sezioni d'impianto:

- di tipo C a 220 kV affacciati ad impianti o sezioni d'impianto di tipo A.1 tramite linee o trasformatori.
- di tipo C a 150-132 kV affacciati ad impianti o sezioni di impianto di tipo B.1 tramite linee o trasformatori.

10.9.2. Esigenze

In presenza di stazioni di tipo A.1 e B.1 il sistema di protezione delle stazioni al contorno è da considerarsi parte integrante del sistema di protezione del blindato per i guasti nei comparti terminali di linea (*area C* di Fig. 3). Contro questi guasti, il livello richiesto di rapidità e ridondanza dipende dal tipo di blindato presente.

Gli stalli linea affacciati al blindato devono essere in ogni caso dotati di doppia protezione (n° 2 protezioni distanziometriche oppure n°1 protezione distanziometrica e n°1 protezione differenziale con funzione distanziometrica integrata oppure n°2 protezioni differenziali con funzione distanziometrica integrata¹⁴) e MAI. I sistemi di telepilotaggio e di inibizione della RRA e della RLA sono sempre richiesti per i blindati del livello di tensione 220 kV mentre per i blindati dei livelli di tensione 150-132 kV sono richiesti solo se gli impianti non sono conformi alla norma CEI EN 62271-203.

10.9.3. Assetto delle protezioni

Assetto protezioni impianti tipo D	
Alimentazione cc:	doppia negli stalli con doppie protezioni di linea
In stazione:	protezione contro la mancata apertura degli interruttori con unità di rilevamento nei soli stalli affacciati al blindato e unità di smistamento su tutti gli stalli al contorno della stessa stazione.
Linea affacciato ad impianto blindato: Linea affacciato ad impianto in aria:	si applicano le soluzioni ad hoc di cui al Capitolo 11 si applica il modulo LC descritto al Paragrafo 10.6.3
Trasformatore AAT/AT ed AT/AT (Modulo ATR):	Capitolo 12
Trasformatore AT/MT (Modulo TR):	Capitolo 14
Batteria Condensatori (Modulo BC):	Capitolo 15
Reattore Shunt (Modulo RS):	Capitolo 16
Arrivo Utente (Modulo AU):	Capitolo 17

¹⁴ Per la descrizione dei casi di applicazione della soluzione con doppia differenziale di linea si rimanda all'Appendice A.

10.9.4. Modifica della categoria degli impianti di tipo C in impianti di tipo D

La tabella seguente (Tabella 1) mostra la variazione di categoria di un impianto, o sezione di impianto, di tipo C in categoria D a causa della vicinanza ad un impianto o sezione di impianto di altro tipo.

INTERFACCIATO AD IMPIANTO TIPO	A		Blindato		B		Blindato		C	
	380 kV	220 kV	A.1 380 kV	A.1 220 kV	220 kV	B 150-132 kV	B.1 150-132 kV	220 KV	C 150-132 kV	
C 220 kV	C	C	D	D	C	C	D	C	C	
C 150-132 kV	C	C	D	D	C	C	D	C	C	

Tabella 1 - Modifica della categoria degli impianti di tipo C per vicinanza ad impianto di altro tipo

La protezione MAI è una protezione di stazione non prevista negli impianti di tipo C. Se adottata, comporta una riqualificazione di questi ultimi a livello di stazione e non solo di stallo; in ciò si distingue da tutte le altre esigenze di cooperazione nell'eliminazione dei guasti assegnate agli impianti di tipo C limitrofi ad impianti blindati che possono essere soddisfatte specializzando i complessi di protezione dei singoli montanti senza modifiche alla struttura del sistema di protezione della stazione. In questo caso invece richiede interventi per ricevere le informazioni di tutti gli altri stalli.

11. PROTEZIONI DI LINEE TRA IMPIANTI IN ESECUZIONE BLINDATA E TRA IMPIANTI DI TIPO DIVERSO

Nel presente Capitolo sono illustrate le soluzioni protettive da adottare nei casi di linee che collegano tra loro due stazioni in esecuzione blindata e stazioni di tipo diverso.

In tali casi può essere necessario modificare il modulo di protezione di stallo linea al fine di assicurare la dovuta cooperazione tra gli organi di protezione nell'eliminazione di guasti.

11.1. Linee tra impianti di tipo A.1 ed impianti di tipo A

Come descritto al Paragrafo 10.7, le protezioni di linea degli impianti interfacciati ad un impianto di tipo A.1 sono chiamate ad eliminare i guasti internamente al blindato. Per conseguire tale scopo devono essere in grado di assicurare la dovuta ridondanza e garantire il colloquio con le protezioni dell'impianto di tipo A.1.

I moduli LA assicurano la necessaria ridondanza, ma devono essere in grado di ricevere i segnali elaborati dalle logiche LBRA e LSPS/L. I moduli LA così modificati sono contraddistinti con la sigla LA/1.

11.2. Linee tra impianti di tipo A.1 ed impianti di tipo A.1

Le protezioni di linea dei due impianti blindati, tra loro interfacciati, devono assicurare le ridondanze reciprocamente richieste. In questo caso i moduli LA.1 non devono solo trasmettere i segnali elaborati dalle logiche LBRA e LSPS/L, ma devono essere anche predisposti per la ricezione. I moduli così modificati sono contraddistinti con la sigla LA.1/1

11.3. Linee tra impianti di tipo A.1 ed impianti di tipo B o C

Le protezioni di stallo linea degli impianti di tipo B o C devono essere modificate rispetto alle soluzioni LB ed LC.

Come detto al Paragrafo 10.9.4, l'impianto di tipo C affacciato ad uno di tipo A.1 diventa di tipo D e quindi gli stalli affacciati all'impianto blindato di tipo A.1 appartenenti ad impianti di tipo B e C, diventano tra loro equivalenti. Di conseguenza si adotterà, sia per la stallo in impianto di tipo B che in quello di tipo C, un modulo LB/1 derivato da quello LB con l'aggiunta del doppio TP e tale da ricevere le informazioni elaborate dalle LBRA e LSPS/L presenti nell'impianto di tipo A.1 affacciato.

11.4. Linee tra impianti di tipo A ed impianti di tipo B

La presenza di tali linee si riscontra nelle reti a 220 kV. Il modulo LB, adottato in genere negli impianti di tipo B, non è sufficiente in quanto, di base, non è provvisto di canali di telepilotaggio in associazione alle protezioni distanziometriche.

Per assicurare il colloquio con le protezioni distanziometriche dell'impianto affacciato di tipo A (modulo LA), è necessario modificare il modulo LB con l'aggiunta di un doppio canale di telepilotaggio. Il modulo LB così modificato è contraddistinto con la sigla LB/2 ed ha lo stesso equipaggiamento di uno stallo linea LA.

11.5. Linee tra impianti di tipo A ed impianti di tipo C

Anche queste linee possono essere presenti solo nelle reti a 220 kV. Il modulo LC (tipico degli impianti di tipo C) è insufficiente ad assicurare la ridondanza per guasto in linea essendo dotato di singola protezione distanziometrica, e non consente il colloquio con il modulo LA (tipico degli impianti di tipo A) per l'assenza del telepilotaggio.

Non si ritiene necessario rimuovere totalmente detta limitazione adottando anche per gli impianti di tipo C la soluzione di cui al Paragrafo 11.4, cioè la doppia protezione. Va infatti considerato che l'impianto di tipo

A richiede l'eliminazione certa dei guasti in linea essenzialmente per ragioni di sicurezza del sistema di trasmissione, talvolta anche per ragioni di stabilità; è importante, quindi, assicurare l'isolamento dal guasto principalmente da questo lato. L'impianto di tipo C ha invece un'importanza limitata nella sicurezza e nella continuità del servizio del sistema elettrico.

Questa circostanza consente di adottare il seguente schema di protezione valido per stalli linea dotati di protezioni distanziometriche: un modulo LA/2 lato impianto di tipo A derivato dal modulo LA, ma con un solo canale di TP ed un modulo LC/1 lato impianto di tipo C derivato dal modulo LC mediante aggiunta del TP singolo. I due moduli dovranno realizzare uno schema di teleprotezione del tipo *blocking overreach* (BO).

Con tale schema, se l'apparato di teleprotezione manca l'intervento, si privilegia l'apertura della linea nella stazione di tipo A.

Le zone di misura superiori alla prima devono fornire lo stesso tipo di protezione offerto negli schemi di tipo usuale.

11.6. Linee tra impianti di tipo B.1 ed impianti di tipo B o C

Linee di questo tipo possono trovarsi, per la definizione di impianti tipo B.1, solo nelle reti a 150-132 kV. In questi casi occorre distinguere se l'impianto blindato è conforme o meno alla norma CEI EN 62271-203.

Se l'impianto è antecedente a tale norma, lato impianto blindato B.1 si adotterà un modulo provvisto di sistemi di telepilotaggio per l'estensione di zona delle protezioni distanziometriche (TP) e di sistemi di teleinibizione chiusura e richiusura automatica (TI). Tale modulo è contraddistinto dalla sigla LB.1A. Negli impianti affacciati di tipo B o C si adotterà lo stesso modulo LB/1 descritto in 11.3.

Se invece l'impianto blindato è successivo a tale norma e ad essa conforme, lato impianto B.1 si adotterà un modulo privo di sistemi di comunicazione con l'impianto affacciato e contraddistinto dalla sigla LB.1B. Negli impianti affacciati di tipo B o C si adotterà un modulo standard LB.

11.7. Linee tra impianti di tipo B.1 ed impianti di tipo B.1

Valgono le considerazioni generali svolte ai Paragrafi precedenti a proposito di impianti blindati adiacenti tenendo conto che gli impianti isolati in SF6 di tipo B1 possono richiedere o meno sistemi di comunicazione con l'impianto affacciato secondo che siano precedenti o successivi (e conformi) alla norma CEI EN 62271-203.

I due moduli linea base che ne derivano, LB.1A ed LB.1B (ved. Paragrafo 11.6) si mantengono inalterati se si trovano affacciati ad impianto blindato con stalli linea LB.1B.

Gli stessi stalli devono essere modificati per ricevere i segnali di teleprotezione e di teleinibizione dall'impianto remoto se quest'ultimo è dotato di stalli linea LB.1A. Lo stallo linea LB.1A modificato da luogo al modulo identificato con la sigla LB.1A/1 mentre lo stallo linea LB.1B richiede il modulo LB/1 già descritto in 11.3.

11.8. Linee tra impianti di tipo B ed impianti di tipo C

Linee di questo genere possono essere presenti in reti a 220, 150-132 kV. Per entrambi i livelli di tensione è accettato che l'impianto di tipo C mantenga la sua categoria; pertanto, il relativo stallo linea potrà essere ancora di tipo LC.

11.9. Sintesi delle soluzioni

Le tabelle che seguono riassumono le soluzioni descritte.

ST \ STA	A 380 KV	A.1 380 kV	A 220 kV	A.1 220 kV	B 220 kV	C 220 kV	B 150- 132 kV	B.1A 150- 132 kV	B.1B 150- 132 kV	C 150- 132 kV
A 380 kV	LA	LA/1								
A.1 380 kV	LA.1	LA.1/1								
A 220 kV			LA	LA/1	LA	LA/2				
A.1 220 kV			LA.1	LA.1/1	LA.1	LA.1				
B 220 kV			LB/2	LB/1	LB	LB				
C [D] 220 kV			LC/1 ¹	[LB/1]	LC ¹	LC ¹				
B 150-132 kV							LB	LB/1	LB	LB
B.1A 150-132 kV							LB.1A	LB.1A/1	LB.1A	LB.1A
B.1B 150-132 kV							LB.1B	LB/1	LB.1B	LB.1B
C [D] 150-132kV							LC ¹	[LB/1]	LB.1B	LC ¹

¹ E' previsto che i moduli LC siano dotati di smistamento MAI se almeno uno stallo della stazione riqualifica l'impianto da C a D

Tabella 2 - Stallo linea (aerea, cavo e mista aerea/cavo) da adottare nella stazione ST (ordinate) affacciata alla stazione STA (ascisse)

	Equipaggiamento	21.1 oppure 87L/21.1	21.2 oppure 87L/21.2	MAI rilevamento	TP1 ⁽¹⁾	TP2 ⁽²⁾	TI	LOGr ⁽³⁾	LOGt ⁽⁴⁾	79R	79L
	Stallo linea										
Moduli base	LA	*	*	*	*	*				*	*
	LB	*	*	*						*	*
	LC	*								*	*
	LA.1	*	*	*	*	*	*		*	*	*
	LB.1A	*	*	*	*		*		*	*	*
	LB.1B	*	*	*	*					*	*
Moduli derivati	LA/1	*	*	*	*	*	*	*		*	*
	LA/2	*	*	*	* (5)					*	*
	LB/1	*	*	*	*		*	*		*	*
	LB/2	*	*	*	*	*				*	*
	LC/1	*				* (5)				*	*
	LA.1/1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	LB.1A/1	*	*	*	*	*		*	*	*	*

- (1) Telepilotaggio utilizzato solo se la prima protezione di linea è una distanziometrica (21.1). Non previsto in caso di differenziale con distanziometrica integrata (87L/21.1)
- (2) Telepilotaggio utilizzato solo se la seconda protezione di linea è una distanziometrica (21.2). Non previsto in caso di differenziale con distanziometrica integrata (87L/21.2)
- (3) LOGr: Logiche LBRA e LSPS/L in ricezione
- (4) LOGt: Logiche LBRA e LSPS/L in trasmissione
- (5) Schema di telepilotaggio previsto: blocking overreach (BO)

Tabella 3 - Sintesi delle protezioni da adottare negli stalli linea: il simbolo * indica le funzioni protettive (21.1 79L) richieste dalla tipologia dello stallo (LA LA.1/1)

APPARATO	ALIMENTAZIONE	87SB	MAI
A	Doppia	SI	SI
B	Doppia	NO	SI
C	Singola	NO	NO
A.1	Doppia	SI	SI
B.1	Doppia	SI	SI
D	Doppia ⁽¹⁾	NO	SI

- (1) Nei casi in cui è prevista doppia protezione di linea

Tabella 4- Sintesi delle protezioni di stazione e delle alimentazioni

12. PROTEZIONI DEGLI AUTOTRASFORMATORI E DEI TRASFORMATORI DI INTERCONNESSIONE AAT/AT E AT/AT

Le prescrizioni di questo Capitolo si applicano agli autotrasformatori ed ai trasformatori con neutri francamente a terra.

Le protezioni trattate sono dedicate all'eliminazione di guasti interni, passanti inclusi, e di guasti esterni non eliminati dalle protezioni degli elementi di rete sede di guasto.

Nel seguito sono descritte soluzioni di base a variante delle quali sono consentiti adattamenti a situazioni particolari.

12.1. Esigenze protettive

Le esigenze di eliminazione dei guasti esterni agli avvolgimenti dipendono dalle esigenze proprie del tipo d'impianto in cui è inserito il trasformatore.

I guasti interni agli avvolgimenti possono essere classificati in *violenti ed incipienti*. Per i primi i tempi base di eliminazione devono essere contenuti, in linea di massima, entro i 100 ms, per i secondi non esiste un vincolo definibile a priori.

I guasti tra le fasi oppure tra una fase e la terra nelle zone più importanti o più esposte della macchina devono essere visti da almeno due protezioni diverse.

Non si ritiene necessario ricorrere a protezioni specifiche contro i guasti serie (interruzioni di fase) poiché guasti rarissimi e senza conseguenze dannose per le macchine statiche. Non si ritiene altresì opportuno adottare protezioni contro i guasti tra le spire in quanto, nei rari casi in cui tali guasti si presentano, danno luogo a sviluppo di gas e possono essere rilevati dal relè Buchholz, sempre presente a bordo delle macchine.

12.2. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea (Modulo ATR)

Il *modulo ATR* presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6. Le protezioni da installare sono le stesse sia nel lato primario che nel lato secondario del trasformatore, in quanto si presuppone che la rete sia attiva su entrambi i lati.

Il *modulo ATR* presuppone la connessione a sezioni in aria e comprende le protezioni elettriche contro i corto circuiti ed i funzionamenti anomali di seguito indicate.

Si precisa che, in questo contesto, il livello di tensione più alto degli ATR è individuato con la notazione "lato primario" mentre quello più basso è individuato con la notazione "lato secondario".

Protezioni elettriche modulo ATR		
Codice	Tipo di protezione	Azione
87	Differenziale Trasformatore	Blocco ATR
21	Distanziometrica lato primario	
	Zona orientata verso l'ATR	Blocco ATR
	Zone orientate verso la rete	Scatto ATR lato primario
21	Distanziometrica lato secondario	
	Zona orientata verso l'ATR	Blocco ATR
	Zone orientate verso la rete	Scatto ATR lato secondario
50CSC	Massima corrente Commutatore Sotto Carico	Blocco manovra CSC

Ad esse si aggiungono altre tipiche protezioni montate a bordo macchina dai costruttori degli ATR, quali:

Protezioni a bordo degli ATR		
Codice	Tipo di protezione	Azione
97T	Buchholz ATR	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco ATR
97CSC	Relè a flusso di Olio Commutatore Sotto Carico	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco ATR
26	Massima temperatura	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Scatto ATR lato primario e lato secondario
99T	Minimo livello olio ATR	Allarme
99CSC	Minimo livello olio Commutatore Sotto Carico	Allarme
63	Protezione di sovrappressione	Blocco ATR
63 CSC	Protezione di sovrappressione Commutatore Sotto Carico	

Le protezioni distanziometriche richiedono uno stretto coordinamento con le altre protezioni di rete e devono essere tarate secondo quanto previsto nel documento [A.11].

Gli interventi delle protezioni 87, 97T e 97CSC nonché quelli delle zone orientate verso il trasformatore delle protezioni 21 devono provocare l'apertura di ambedue gli interruttori del trasformatore con blocco in apertura degli stessi. Invece, gli scatti delle altre zone rivolte verso le sbarre delle protezioni 21 devono provocare l'apertura del solo interruttore posto sullo stesso lato di installazione della distanziometrica senza inibizione della chiusura. L'intervento della protezione 26, infine, deve comandare l'apertura degli interruttori del trasformatore sia lato primario che secondario.

L'intervento della protezione 50CSC, ha il solo effetto di bloccare la manovra del CSC se, durante l'operazione di cambio rapporto del trasformatore, dovesse essere superata la soglia di corrente impostata.

Con riferimento alla Fig. 12, si osservi che un guasto nell'area B dello stallo ATR è visto dalla protezione distanziometrica, ivi installata, come un guasto esterno al trasformatore e, pertanto, provocherà l'apertura dell'interruttore del trasformatore da un solo lato. Tale apertura non è sufficiente ad eliminare il guasto permanendo l'alimentazione dall'altro terminale del trasformatore. Per aprire prontamente anche l'interruttore a monte, senza attendere i tempi alti della protezione distanziometrica installata nell'altro lato del trasformatore, è necessario attivare una logica aggiuntiva in base alla quale la mancata ricaduta dello scatto della protezione distanziometrica provoca, dopo un tempo di 150÷200 ms, l'apertura di entrambi gli interruttori. Il provvedimento indicato mira a contenere le sollecitazioni per la macchina e soddisfa sia il requisito della rapidità che quello della ridondanza.

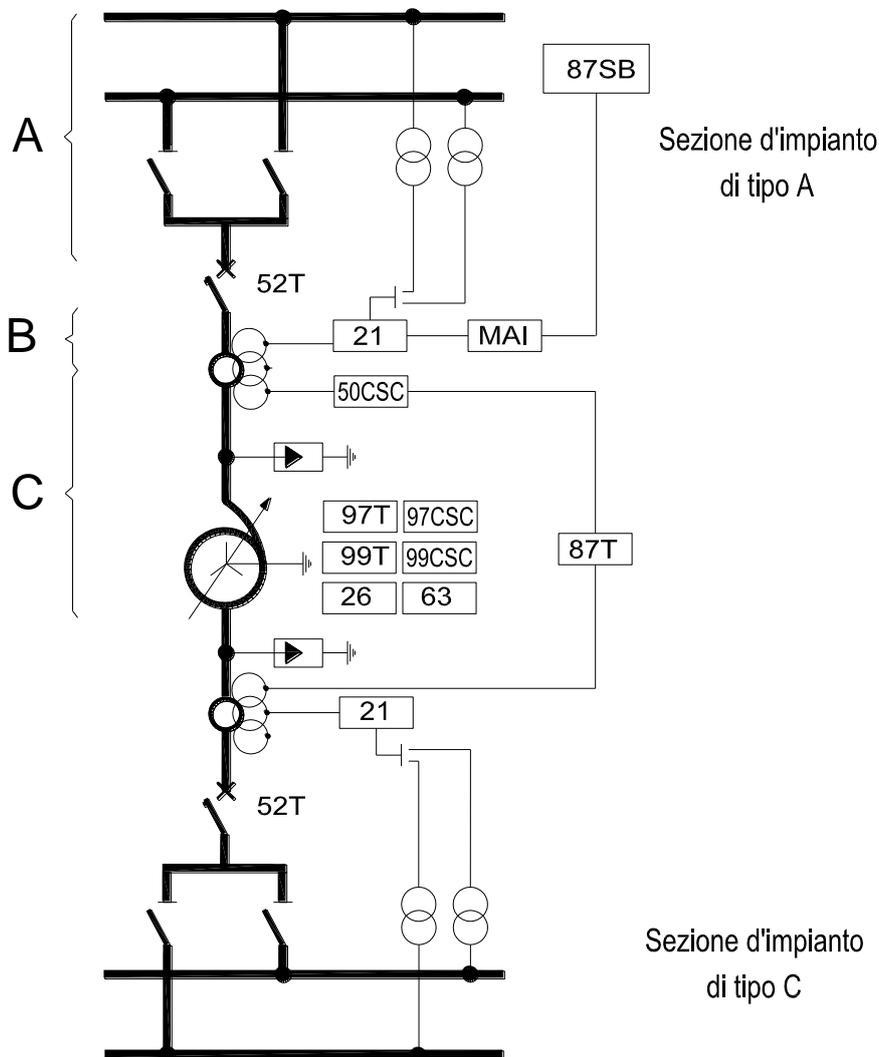


Fig. 12 - Assetto protezioni Autotrasformatore AAT/AT e AT/AT di impianto isolato in aria

Negli stalli ATR non è applicabile la funzione Prova Forchetta a causa dell'assenza dei TV nello stallo ATR e dell'alimentazione delle protezioni distanziometriche tramite i TV delle sbarre d'impianto (ved. Fig. 12).

12.3. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione blindata (Modulo ATR.1)

Questa soluzione deve essere adottata per lo stallo trasformatore afferente a sezioni di d'impianto in esecuzione blindata.

Le protezioni sono le stesse indicate nel Paragrafo 12.2, con l'aggiunta della logica LSPS/T individuata con tratto più grosso nella Fig. 13. In base ad essa l'intervento della protezione distanziometrica in 2ª zona, orientata verso le sbarre di stazione, è circoscritto ai soli guasti interni all'area A del blindato (comparti sbarra, sezionatori di sbarra e raccordo con interruttore). Detta logica esegue le stesse funzioni di riserva alla protezione di sbarra svolta, per gli stalli di linea, dalla logica LSPS/L. In questo caso la 2° zona della

21 deve comandare il blocco del solo interruttore 52T relativo al lato del trasformatore su cui è installata la protezione; in presenza di protezioni con un limitato numero di uscite di comando, potrà essere eseguito il blocco degli interruttori 52T posti su entrambi i lati della macchina (Blocco ATR).

La logica aggiuntiva descritta non è richiesta per gli impianti blindati del livello di tensione 150-132 kV conformi alla norma CEI EN 62271-203 ai quali si applicano le stesse regole di protezione degli impianti isolati in aria indicate nel Paragrafo precedente 12.2.

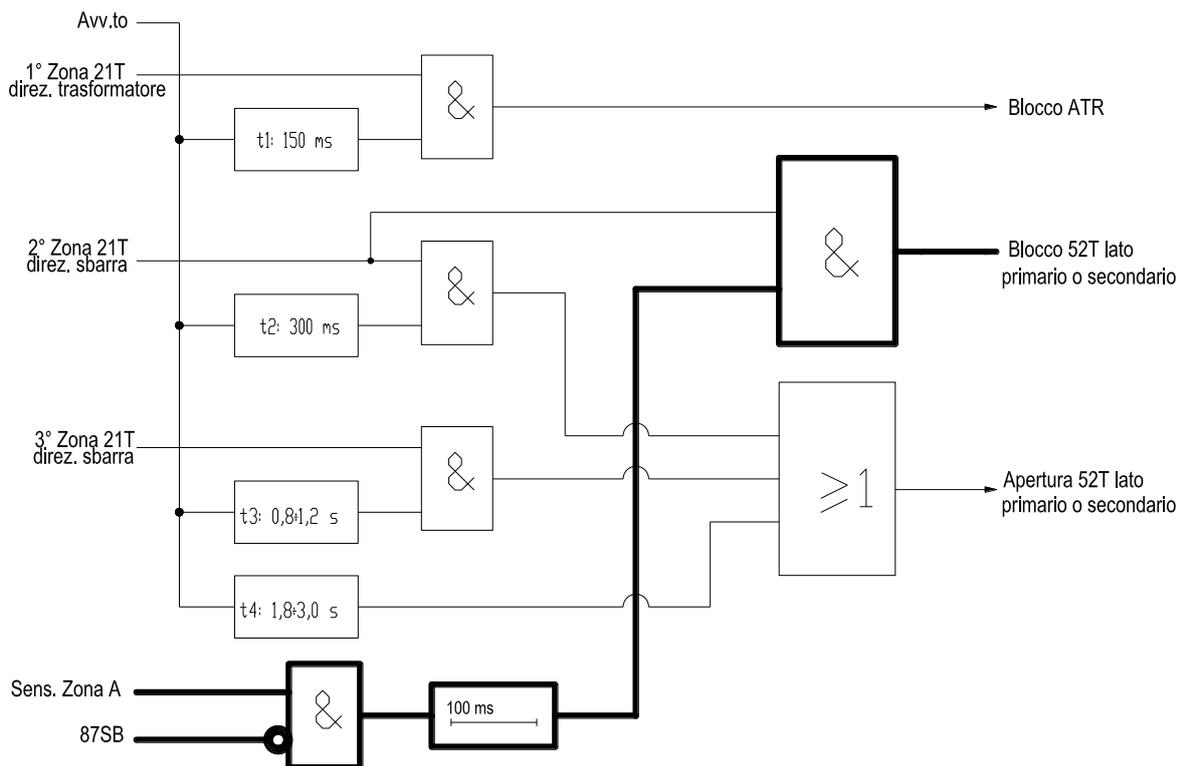


Fig. 13 - Logica LSPS/T per stallo Autotrasformatore AAT/AT e AT/AT di impianto blindato

L'esecuzione blindata di una sola sezione d'impianto a cui è connesso il trasformatore comporta l'installazione della protezione MAI anche sull'altro lato della macchina, quello connesso a sezione isolata in aria o costituita da moduli compatti integrati in SF6, con smistamento del comando di apertura agli interruttori di tutti i componenti d'impianto connessi alla stessa sbarra.

12.4. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea di tipo passivo (Modulo ATR/p)

Nel caso in cui la rete a tensione inferiore sia sicuramente passiva ed entrambe le sbarre collegate dal trasformatore siano in aria, nello stallo a tensione superiore si può eliminare la protezione distanziometrica.

12.5. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione blindata di tipo passivo (Modulo ATR1/p)

In questo caso lo schema di cui al Paragrafo 12.3 non risulta soddisfacente in quanto le protezioni distanziometriche risulterebbero inefficaci nella rilevazione di guasti in direzione rete. Più precisamente risulterebbero tali le zone orientate verso le sbarre della protezione 21 installata nel terminale di

alimentazione (presupposto coincidente con il lato primario) e la zona verso il trasformatore della protezione 21 installata nel terminale passivo (presupposto coincidente con il lato secondario).

Mentre l'inefficacia in direzione sbarre delle zone della distanziometrica installata nel lato primario del trasformatore non comporta problemi, in quanto il guasto non è alimentato dal lato passivo, l'inefficacia della zona in direzione trasformatore della distanziometrica installata nel lato secondario comporta la mancanza di ridondanza del sistema di protezione per guasto nel comparto terminale blindato del trasformatore (*area C* di Fig. 12 riferita, però, al lato secondario dell'ATR).

Per superare tale limitazione si utilizza la zona ritardata di avviamento della 21T lato primario tarata in modo da coprire almeno il 120% della reattanza del trasformatore e collegata ad una logica che prevede l'annullamento del ritardo per l'attivazione dei sensori di *area C* del lato secondario.

La logica LSPS/T nel lato primario dell'ATR non è in questo caso necessaria così come non è necessaria la prima zona orientata verso il trasformatore della protezione distanziometrica nel lato secondario della macchina.

12.6. Assetto delle protezioni per terminale misto ATR / Linea in esecuzione aerea (Modulo ATR/L)

Il caso interessa applicazioni particolari in cui un trasformatore di interconnessione AAT/AT oppure AT/AT è collegato direttamente ad una linea di trasmissione con uno stallo unico che funziona contemporaneamente da stallo trasformatore e da stallo linea senza interposizione di un sistema di sbarre. Generalmente questa soluzione si riscontra nel livello di tensione 220 kV nelle fasi terminali di declassamento a 150-132 kV o di riclassamento a 380 kV quando alla sezione 220 kV di un impianto rimane un'unica linea.

Lo stallo è equipaggiato con tutte le tipiche apparecchiature di uno stallo linea nel rispetto della classe d'impianto assegnata che, nella fattispecie, può essere solo di tipo A oppure di tipo C. Sono quindi previsti:

- Protezione di linea doppia per impianti di tipo A o singola per impianti di tipo C;
- Telepilotaggio doppio per impianti di tipo A o assente per impianti di tipo C;
- RRA e RLA sia per impianti di tipo A che di tipo C;
- MAI solo per impianti di tipo A;
- Alimentazione c.c. doppia per impianti di tipo A o singola per impianti di tipo C.

Contemporaneamente lo stallo viene dotato delle protezioni tipiche previste per i trasformatori di interconnessione (ved. Paragrafo 12.2) assegnando tuttavia alle protezioni distanziometriche di linea viste in precedenza il compito di proteggere anche l'ATR con una zona orientata verso la macchina. A questa zona viene assegnata un'azione di Blocco ATR e di contemporanea inibizione delle Richiusure Automatiche (RRA e RLA). Se le protezioni distanziometriche di linea sono due è sufficiente prevedere la zona rovescia su una sola di esse, ma per ragioni di semplicità ed uniformità realizzativa la zona contraria può essere configurata in entrambe le protezioni. Quanto affermato vale anche se la funzione distanziometrica di uno dei due apparati è integrata in una protezione differenziale di linea 87L/21 a condizione che siano disponibili più di tre zone di misura.

12.7. Assetto delle protezioni di stallo misto ATR / Linea in esecuzione blindata

Il terminale misto ATR/Linea in esecuzione blindata non è contemplato in quanto casi del genere non risultano in esercizio.

13. PROTEZIONI DEI PHASE SHIFTING TRANSFORMERS (PST)

Le prescrizioni di questo Capitolo si applicano ai PST installati nelle reti AAT al fine di regolare i flussi di potenza ed ottimizzare i transiti nella rete primaria di trasmissione.

I PST presi in considerazione sono del tipo simmetrico e a doppio nucleo, costituiti da due trasformatori trifase denominati rispettivamente *Trasformatore Serie* e *Trasformatore Derivato*, come illustrato in Fig. 14:

- *Trasformatore Serie*:
 - Avvolgimento primario aperto con presa centrale (*Avvolgimento Serie*) collegato alla linea da regolare.
 - Avvolgimento secondario a triangolo (*Avvolgimento di Eccitazione*) collegato all' avvolgimento secondario del *Trasformatore Derivato*
- *Trasformatore Derivato*:
 - Avvolgimento primario a stella con neutro franco a terra (*Avvolgimento Derivato*), collegato in derivazione al centro dell'avvolgimento primario del *Trasformatore Serie*
 - Avvolgimento secondario con prese a stella con neutro franco a terra (*Avvolgimento di Regolazione*) collegato all'avvolgimento secondario del *Trasformatore Serie*.

Le protezioni trattate sono dedicate all'eliminazione dei guasti interni, passanti inclusi, e dei guasti esterni non eliminati dalle protezioni degli elementi di rete sede di guasto.

Nel seguito sono descritte le soluzioni di base a variante delle quali sono consentiti adattamenti a situazioni particolari.

13.1. Schemi realizzativi

Data l'ampia gamma delle soluzioni realizzative possibili vengono presi in esame due schemi realizzativi estremi, in riferimento ai quali possono trovare soluzione i molteplici casi intermedi:

- Caso A (**Fig. 15**): soluzione con un solo PST e schema di connessione minimale. In questo schema sono utilizzati due soli interruttori per isolare l'intero sistema PST ed un sezionatore sul bypass.
- Caso B (**Fig. 15**): soluzione con due PST in serie e schema di connessione completo. Questa soluzione è di norma utilizzata per frazionare l'angolo di sfasamento sulle due unità e aumentare la disponibilità del sistema anche a capacità di regolazione dimezzata. In questo schema sono utilizzati quattro interruttori, due per isolare l'intero sistema e due per isolare ognuno dei PST, più un interruttore sul bypass.

In entrambe le esecuzioni il PST è inserito in stazione sfruttando un solo stallo linea. Gli apparati protettivi tipici della linea risultano invariati rispetto alla condizione precedente l'inserzione del PST con la sola differenza che sono collocati a valle del PST stesso. L'interruttore di linea 52L è a comune con il sistema PST.

Relativamente ai comandi impartiti dalle protezioni elettriche si precisa che l'azione di Blocco PST agisce su interruttori diversi a seconda della configurazione del PST:

- Caso A: Blocco PST = Blocco 52 SB + Blocco 52 L
- Caso B: Blocco PST = Blocco 52 PSTA + Blocco 52 PSTB

A parte la diversa complessità degli schemi, i principi di protezione sono gli stessi nei casi A e B.

Trasformatore Serie

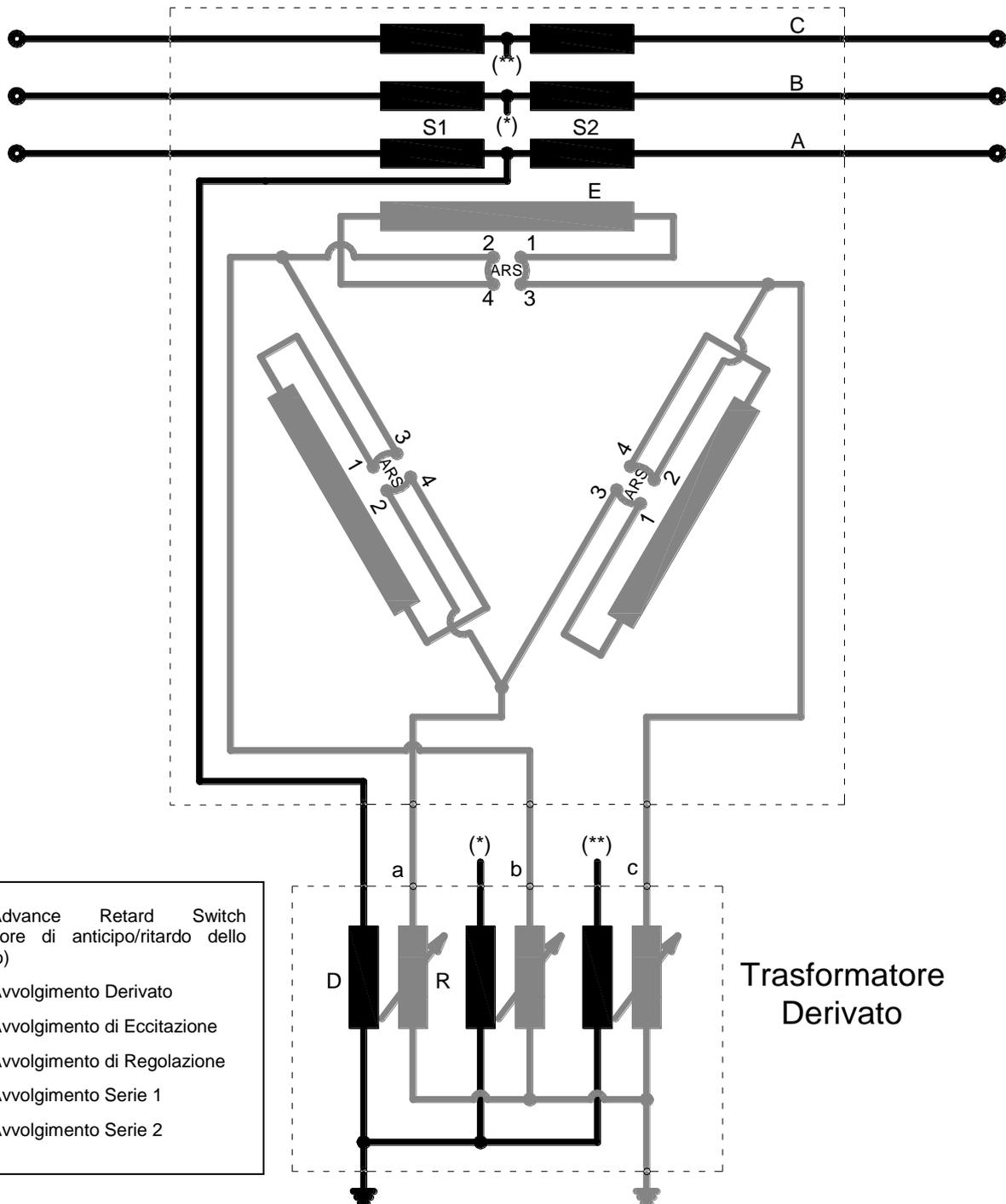


Fig. 14 – Schema di principio degli avvolgimenti di PST a presa centrale

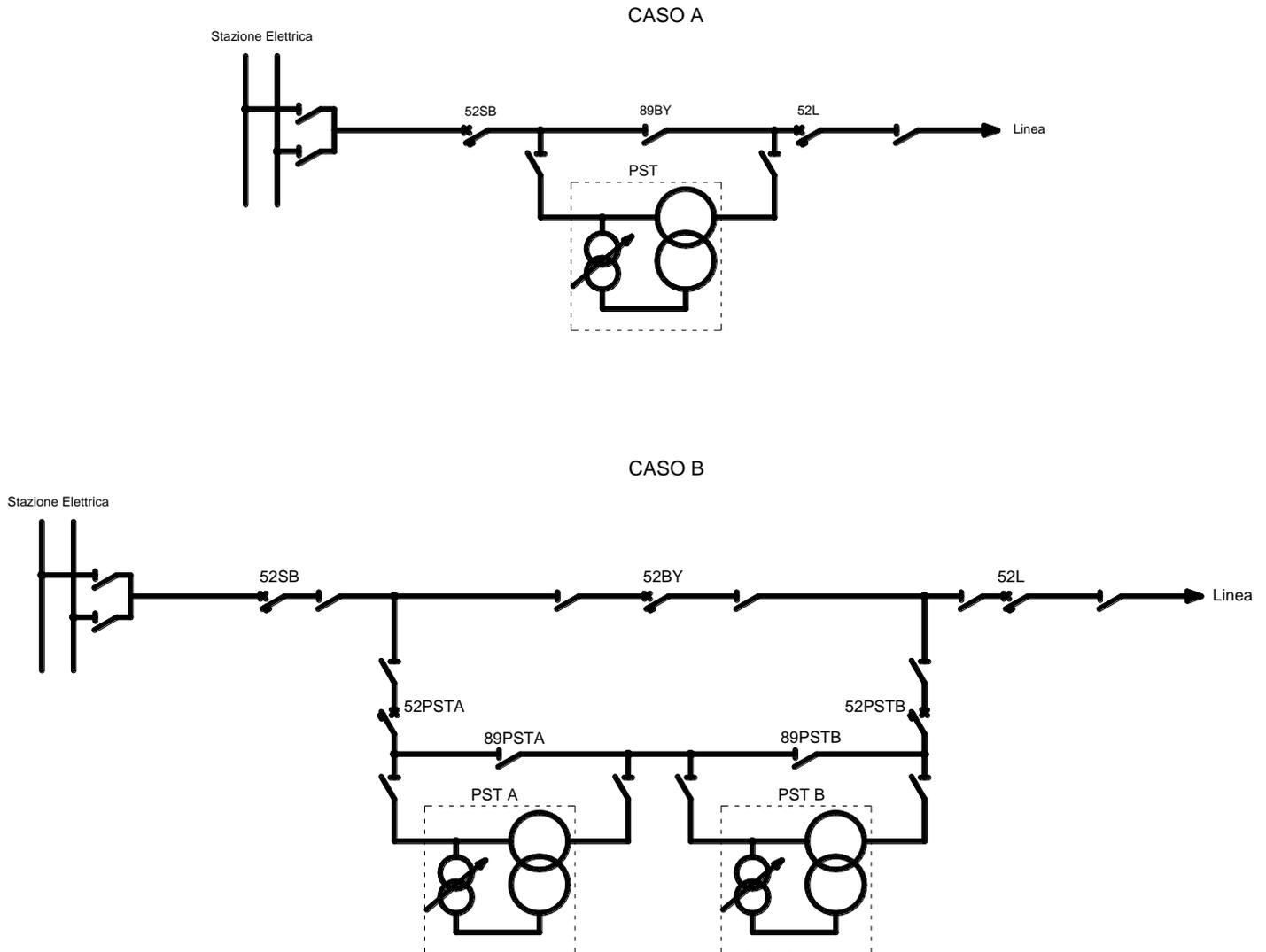


Fig. 15 – Schemi realizzativi PST

Caso A: schema minimale

Caso B: schema completo

13.2. Esigenze protettive

Le esigenze di eliminazione dei guasti esterni agli avvolgimenti del PST dipendono dalle esigenze proprie del tipo d'impianto in cui è inserito il PST.

Relativamente ai guasti interni si ritengono valide le medesime considerazioni svolte al paragrafo 12.1 sugli ATR.

13.3. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea (Modulo PST)

Il *modulo PST* presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6 connessi a sezioni di stazione in aria. Comprende le protezioni elettriche contro i corto circuiti ed i funzionamenti anomali di seguito indicate.

Per chiarezza espositiva le protezioni verranno presentate separatamente per tipologia:

- Distanziometriche (21)
- Differenziali di macchina e dei circuiti esterni (87)
- Massime correnti (50/51) e (50N/51N)
- Protezioni a bordo dei PST

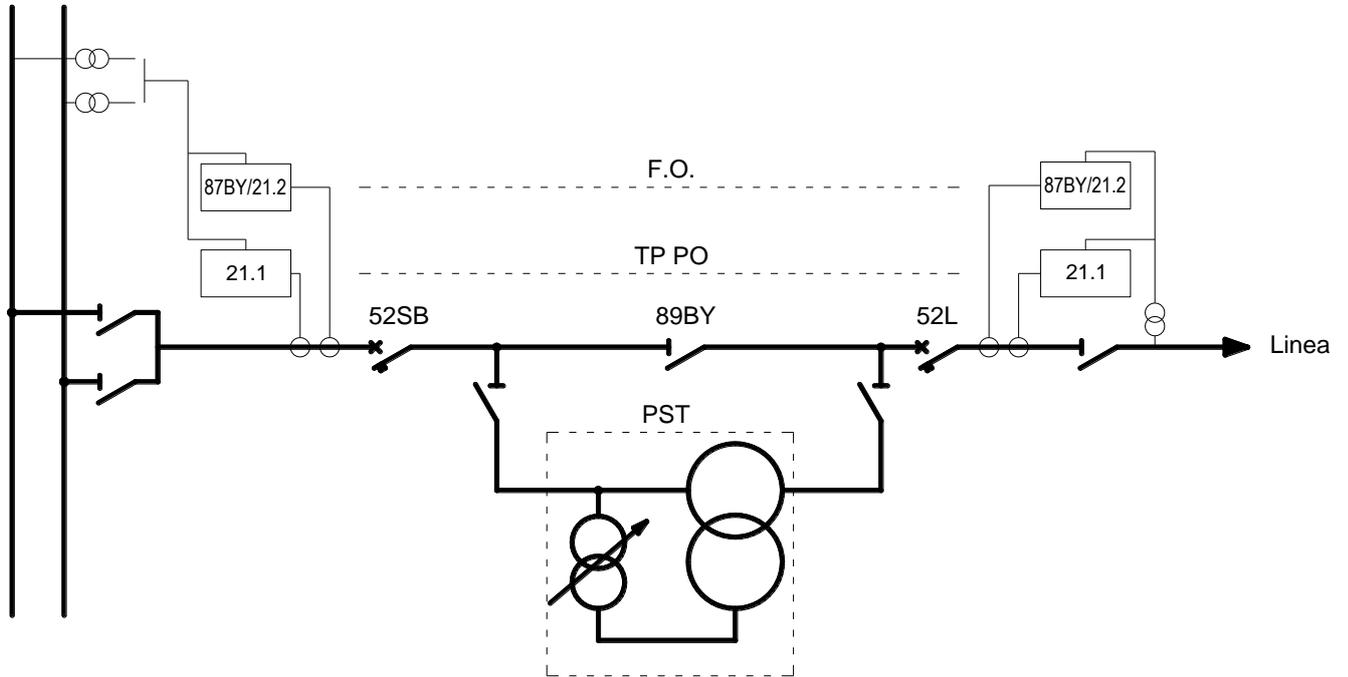
13.3.1. Protezioni distanziometriche (21)

Nei casi A e B sono previste due coppie di protezioni distanziometriche (21.1 e 21.2) la seconda delle quali è integrata in una protezione differenziale (87/21.2). Le protezioni 21.1 e 21.2 hanno una zona d'intervento orientata in direzione PST associata a schema di tele-protezione di tipo PO e le altre zone orientate in direzione rete.

Le protezioni suddette sono disposte come indicato nelle Fig. 16 e proteggono dai guasti interni l'intero sistema formato dalle macchine, dai bypass passanti e dai raccordi.

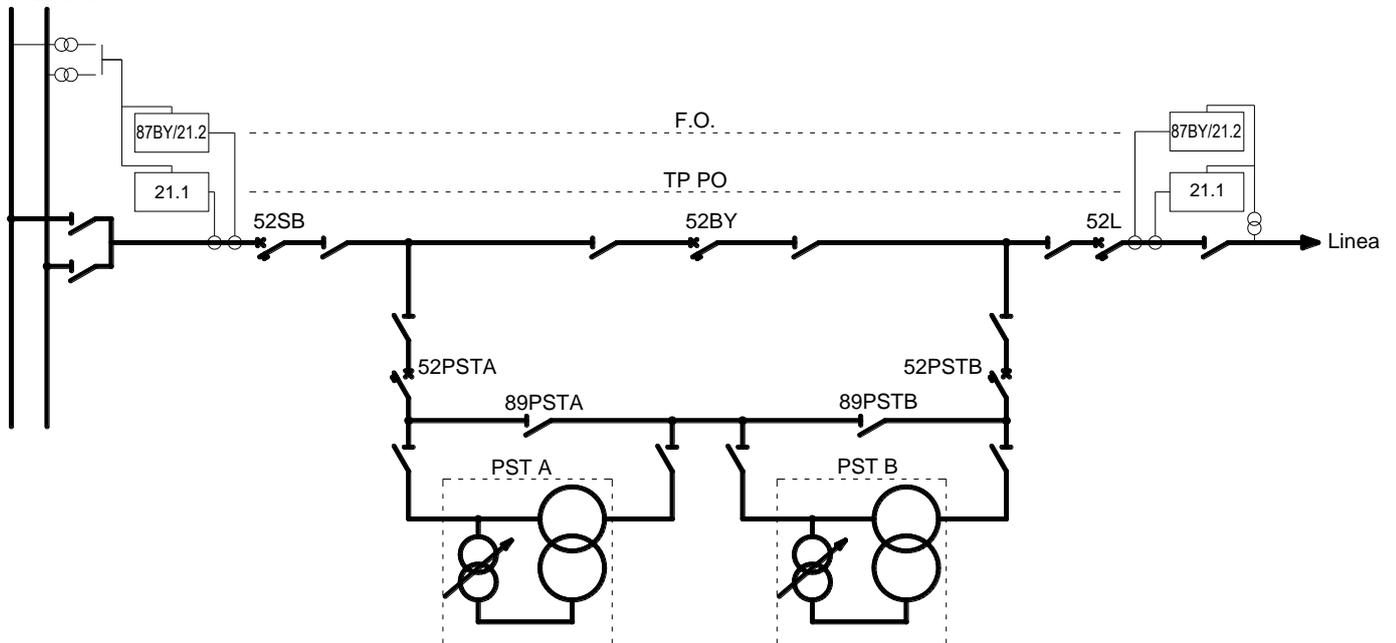
La protezione differenziale dell'apparato 87/21.2 è abilitata solo in caso di chiusura dell'interruttore/sezionatore di bypass ed è elencata nel paragrafo successivo insieme alle altre protezioni differenziali del PST col nome di differenziale by-pass (87BY).

Stazione Elettrica



Caso A

Stazione Elettrica



Caso B

Fig. 16 - Assetto protezioni distanziometriche PST

Caso A: schema minimale

Caso B: schema completo

Protezioni elettriche PST – Protezioni distanziometriche			
Codice	Tipo di protezione	Azione in caso di PST in singolo	Azione in caso di PST in doppio
21.1 e 21.2	Distanziometriche lato linea		
	Zona orientata verso il PST (con schema PO)	Blocco PST	Blocco 52SB + Blocco 52L
	Zone orientata verso la linea	Scatto 52L	Scatto 52L
21.1 e 21.2	Distanziometrica lato sbarra		
	Zona orientata verso il PST (con schema PO)	Blocco PST	Blocco 52SB + Blocco 52L
	Zone orientata verso le sbarre	Scatto 52SB	Scatto 52SB

13.3.2. *Protezioni differenziali*

Sono previste 5 diverse protezioni differenziali per la copertura delle zone di seguito indicate.

- 1) Protezione differenziale *circuiti primari* del *Trasformatore Serie* e del *Trasformatore Derivato* (87P);
- 2) Prima protezione differenziale *circuiti secondari* del *Trasformatore Serie* e del *Trasformatore Derivato* (87S1);
- 3) Seconda protezione differenziale *circuiti secondari* del *Trasformatore Serie* e del *Trasformatore Derivato* (87S2);
- 4) Protezione differenziale circuiti di collegamento tra due PST in serie (87AB);
- 5) Protezione differenziale circuiti di bypass (87BY)

Le protezioni differenziali 87P e 87S1 sono presenti in tutte le unità PST (A e B in caso di due unità in serie).

La protezione 87S2 è applicabile a ciascuna unità PST solo se sono disponibili TA negli avvolgimenti secondari a triangolo del *Trasformatore Serie* (Avvolgimenti di Eccitazione).

La protezione 87AB è prevista in caso di PST formato da due unità in serie (A e B) ed assente in caso di singola unità PST.

La protezione 87BY, infine, è sempre presente ma è attiva solo in caso di interruttore (o sezionatore) di bypass chiuso.

L'inserimento delle tre differenti protezioni differenziali utilizzate per proteggere gli avvolgimenti delle macchine (87P, 87S1 e 87S2) è illustrato in Fig. 17 dove sono riportati per semplicità di rappresentazione i collegamenti e i nuclei dei TA relativi ad una sola fase.

L'impiego è lo stesso nei casi A e B considerati.

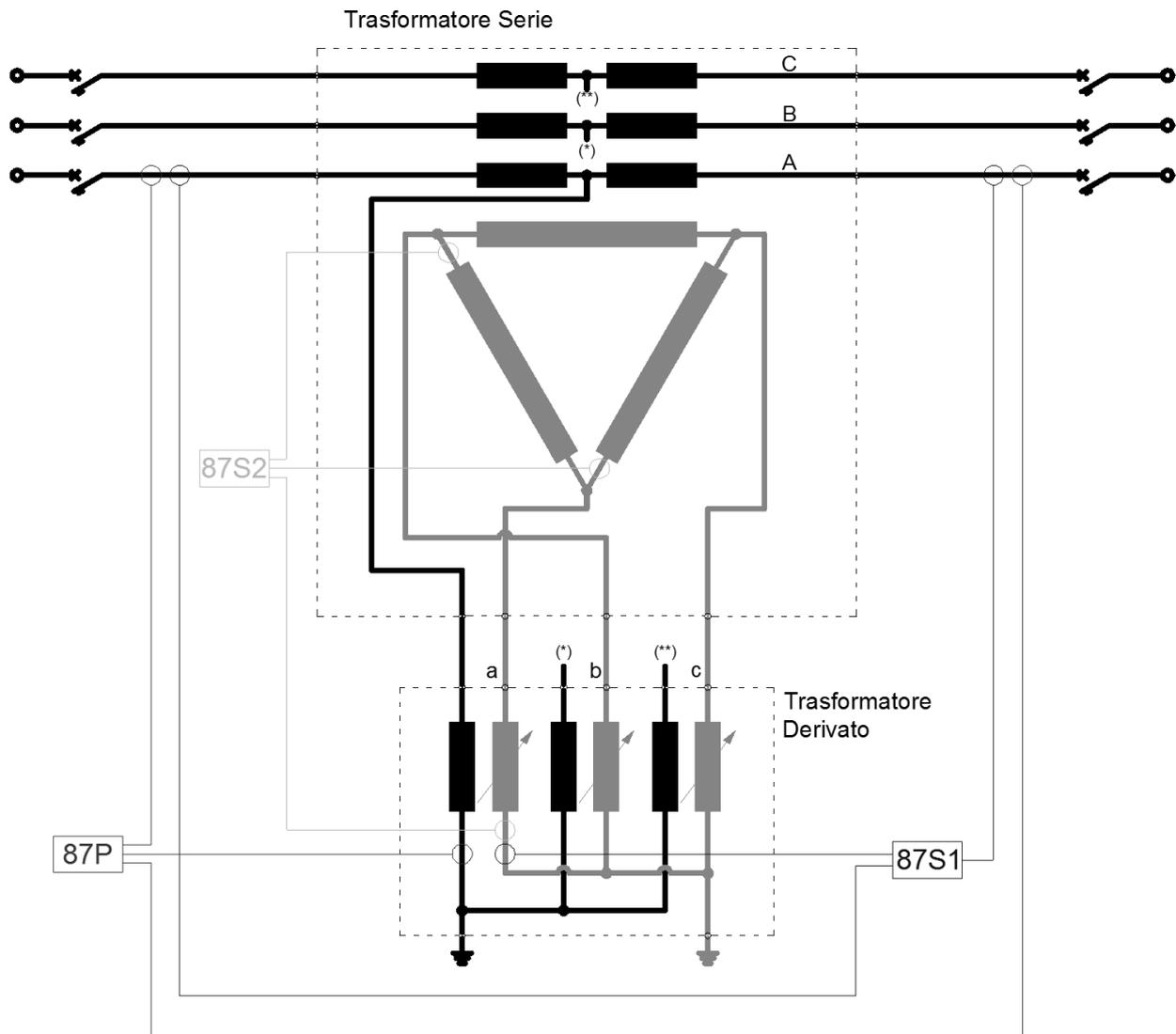


Fig. 17 - Assetto protezioni differenziali nelle unità PST

Protezione differenziale circuiti primari (87P)

La protezione 87P ha lo scopo di rilevare i guasti negli avvolgimenti direttamente connessi alla rete ovvero negli avvolgimenti del *Trasformatore Serie* e del *Trasformatore Derivato*.

Viene utilizzata una protezione differenziale a 3 ingressi alimentata dai TA nei terminali di ingresso e d'uscita dell'avvolgimento primario del *Trasformatore Serie* e dalla terna di TA lato centro stella dell'avvolgimento primario del *Trasformatore Derivato* per rilevare i guasti negli avvolgimenti Serie e Derivato. I tre rami utilizzati sono galvanicamente collegati e pertanto la protezione differenziale si configura come una differenziale di nodo sostanzialmente immune ai fenomeni di "inrush".

Prima protezione differenziale circuiti secondari (87S1)

La protezione 87S1 ha lo scopo di rilevare i guasti negli avvolgimenti e nei circuiti non elettricamente connessi alla rete ovvero negli avvolgimenti di Eccitazione del *Trasformatore Serie* e negli avvolgimenti di Regolazione del *Trasformatore Derivato*, nei dispositivi di commutazione (CSC e ARS) e nei collegamenti fra i due trasformatori.

Viene utilizzata una protezione differenziale per trasformatori a 3 ingressi alimentati dalle correnti prelevate dai TA nei terminali di ingresso e di uscita degli avvolgimenti Serie e dai TA nel lato centro stella dell'avvolgimento di Regolazione. Tale configurazione ricava in maniera indiretta la corrente circolante nell'avvolgimento di Eccitazione partendo dalle correnti circolanti nel primario del *Trasformatore Serie* attraverso la compensazione del gruppo vettoriale e delle connessioni stella/triangolo degli avvolgimenti. Per confrontare le correnti rese disponibili dalle due terne di TA è inoltre necessaria una adeguata configurazione della protezione (in termini di collegamento e gruppo da impostarsi) oppure un'opportuna connessione triangolo/stella nei circuiti secondari dei TA degli avvolgimenti di Eccitazione.

Per tenere conto dell'inversione di corrente operata dall'invertitore (ARS) presente nell'unità di Eccitazione le correnti prelevate dai TA sul centro stella dell'avvolgimento di Regolazione sono utilizzate in un verso o nell'altro in base alla posizione dell'ARS.

La protezione 87S1 viene bloccata durante i transitori di manovra del ARS e la funzione di rilevazione/eliminazione dei guasti negli avvolgimenti coperti da 87S1 sarà svolta dalle protezioni 50/51 e 50N/51N installate sugli avvolgimenti secondari del *Trasformatore Derivato*.

Seconda protezione differenziale circuiti secondari (87S2)

Anche la protezione 87S2 ha lo scopo di rilevare guasti interni agli avvolgimenti secondari dei Trasformatori Serie e Derivato. Il suo impiego presuppone la presenza di una terna di TA negli avvolgimenti di Eccitazione collegati a triangolo internamente al *Trasformatore Serie* dai quali ricavare l'alimentazione della protezione unitamente alla terna di TA inserita sul centro stella degli avvolgimenti di Regolazione del *Trasformatore Derivato* (ved. Fig. 17). Anche la protezione differenziale 87S2 deve tenere conto della posizione dell'invertitore (ARS), pertanto occorre utilizzare una protezione differenziale per trasformatori a 3 avvolgimenti utilizzando un'ulteriore terna di ingressi amperometrici per effettuare l'inversione con le medesime modalità previste per la protezione 87S1. La protezione 87S2 viene bloccata durante il transitorio di manovra con modalità analoghe a quelle previste per la protezione 87S1 e la funzione di rilevazione/eliminazione dei guasti negli avvolgimenti coperti da 87S2 sarà svolta dalle protezioni 50/51 e 50N/51N installate sugli avvolgimenti secondari del *Trasformatore Derivato*. Come per la protezione 87P, i tre rami utilizzati sono galvanicamente collegati e pertanto la protezione differenziale si configura come una differenziale di nodo sostanzialmente immune ai fenomeni di "inrush".

Protezione differenziale per guasti nella zona tra due unità PST in serie (87AB)

La protezione è prevista solo nel caso di impiego di PST in doppio (caso B) per coprire la zona di connessione tra le due unità in considerazione anche della lunghezza dei comparti.

La protezione è abilitata solo con entrambi i PST inseriti, ovvero con i rispettivi sezionatori di bypass (89PSTA e 89PSTB) aperti.

Protezione differenziale by-pass (87BY)

Tale protezione è di norma collocata all'interno dell'apparato 87L/21.2 (vedere 13.3.1) ed è alimentata dai TA a monte e a valle degli interruttori 52SB e 52L rispettivamente.

Per evitare interventi intempestivi durante il funzionamento del PST, la protezione 87BY viene attivata solo con interruttore (52BY) o sezionatore (89BY) di bypass chiusi e unità PST fuori servizio.

Si riportano di seguito le azioni relative alle 5 protezioni:

Protezioni elettriche PST- Protezioni differenziali		
Codice	Tipo di protezione	Azione
87P (A o B)	Differenziale avvolgimenti primari PST	Blocco PST
87S1 (A o B) ⁽¹⁾	Prima Differenziale avvolgimenti secondari PST	Blocco PST
87S2 (A o B) ⁽¹⁾	Seconda Differenziale avvolgimenti secondari PST	Blocco PST
87AB ⁽²⁾	Differenziale di zona tra due PST	Blocco PST
87BY ⁽³⁾	Differenziale di bypass PST	Blocco PST

- (1) Protezioni escluse durante le manovre ARS
- (2) Protezione presente solo con unità PST in doppio (caso B)
- (3) Protezione attiva solo con bypass chiuso

13.3.3. Protezioni di massima corrente di fase e di terra

Si riportano nello schema di **Fig. 18** le connessioni delle protezioni di massima corrente. Per semplicità di rappresentazione sono raffigurati i collegamenti e i nuclei dei TA relativi ad una sola fase.

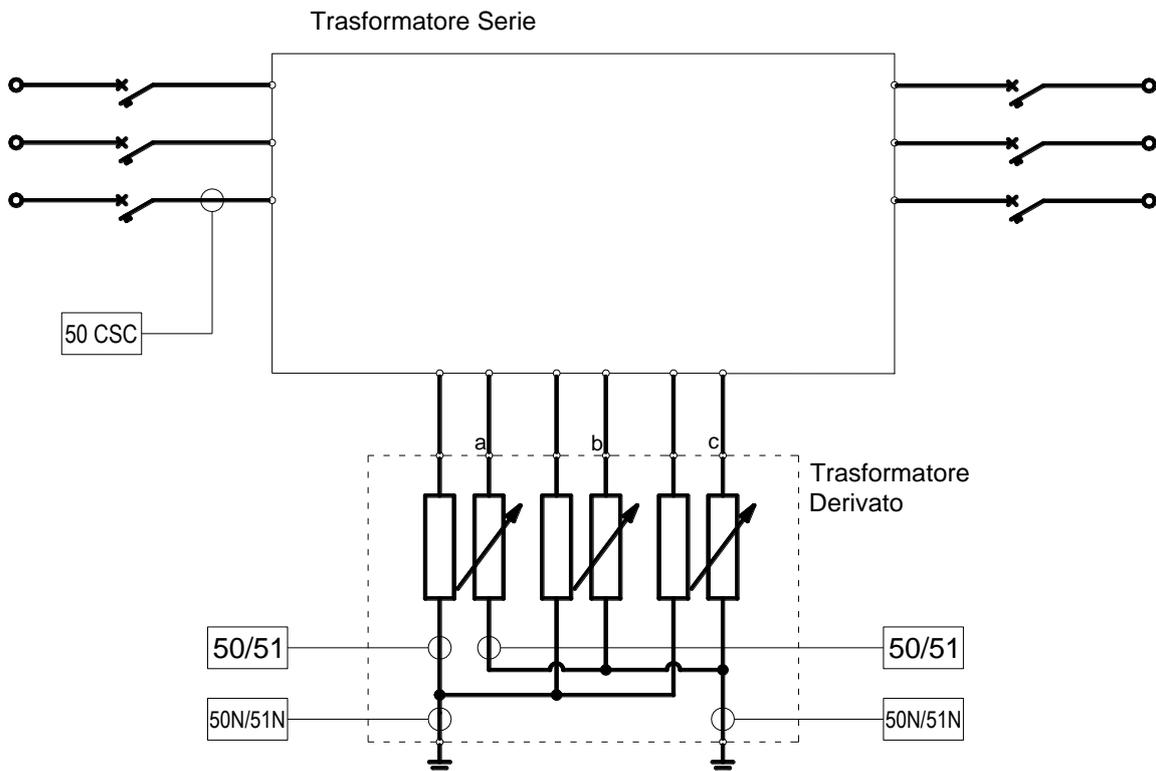


Fig. 18 - Assetto protezioni di massima corrente nelle unità PST

Protezione di massima corrente di fase e di terra avvolgimenti primari del *Trasformatore Derivato* (50/51 e 50N/51N)

Le protezioni di massima corrente di fase (50/51) e di terra (50N/51N) rispettivamente posizionate sugli avvolgimenti primari del *Trasformatore Derivato* lato centro stella e sul collegamento di terra del centro stella (terna di TA di fase e TA di neutro), hanno come scopo principale quello di rilevare i guasti negli avvolgimenti primari, soprattutto in vicinanza del centro stella.

Esse costituiscono una integrazione alla protezione differenziale 87P.

Protezione di massima corrente di fase e di terra avvolgimenti secondari del *Trasformatore Derivato* (50/51 e 50N/51N)

Le protezioni di massima corrente di fase (50/51) e di terra (50N/51N) rispettivamente posizionate sugli avvolgimenti secondari del *Trasformatore Derivato* lato centro stella e sul collegamento di terra del centro stella (terna di TA di fase e TA di neutro), hanno come scopo quello di rilevare i guasti negli avvolgimenti di Regolazione, (in particolare quelli in prossimità del centro stella), negli avvolgimenti di Eccitazione e nei relativi dispositivi di commutazione e regolazione CSC e ARS.

Esse costituiscono una integrazione delle protezioni 87S1 e 87S2 sostituendosi ad esse nella funzione di protezione principale degli avvolgimenti secondari del *Trasformatore Derivato* quando, durante le manovre del ARS, tali protezioni vengono bloccate.

Protezione di massima corrente CSC (50CSC/ARS)

Lo scopo principale della protezione 50CSC/ARS è quello di rilevare sovracorrenti passanti (a causa di guasti esterni al PST o sovraccarico) impedendo conseguentemente manovre di commutazione del CSC in tale circostanza anomala.

Di seguito si riportano le azioni relative a tali protezioni.

Protezioni elettriche PST- protezioni di massima corrente Trasformatore Derivato		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51 (A o B)	Massima corrente di fase avvolgimento primario	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a e 3 ^a soglia	Blocco PST
50N/51N (A o B)	Massima corrente di terra avvolgimento primario	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a e 3 ^a soglia	Blocco PST
50/51 (A o B)	Massima corrente di fase avvolgimento secondario	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a soglia	Blocco PST
	3 ^a soglia (abilitata in fase di manovra di CSC e/o ARS)	Blocco PST
50N/51N (A o B)	Massima corrente di terra avvolgimento secondario	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a soglia	Blocco PST
50CSC (A o B)	Protezione di massima corrente CSC/ARS	Blocco manovra CSC/ARS

13.3.4. Protezioni a bordo dei PST

Ad esse si aggiungono altre tipiche protezioni montate a bordo macchina dai costruttori dei PST, quali:

Codice	Tipo di protezione	Azione
97S (A o B)	Buchholz Trasformatore Serie	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco PST
97D (A o B)	Buchholz Trasformatore Derivato	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco PST
97CSC (A o B)	Buchholz Commutatore Sotto Carico	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco PST
26S (A o B)	Massima temperatura Trasformatore Serie	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Scatto PST
26D (A o B)	Massima temperatura Trasformatore Derivato	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Scatto PST
99S	Minimo livello olio Trasformatore Serie	Allarme
99D	Minimo livello olio Trasformatore Derivato	Allarme
99CSC	Minimo livello olio Commutatore Sotto Carico	Allarme
63S	Protezione di sovrappressione Trasformatore Serie	Blocco PST
63D	Protezione di sovrappressione Trasformatore Derivato	Blocco PST
48	Manovra ARS incompleta	Blocco PST

A questa lista si possono aggiungere ulteriori protezioni su valutazione del costruttore.

Negli stalli PST non è applicabile la funzione Prova Forchetta.

13.3.5. Gestione della Mancata Apertura Interruttore

In questo paragrafo si analizzano le soluzioni da adottare nel caso di mancata apertura degli interruttori dello stallo PST.

Si analizzano separatamente le esecuzioni corrispondenti sia al caso A che al caso B.

Gestione Mancata Apertura Interruttore modulo PST	
Mancata apertura	Comando MAI
52SB	Apertura interruttori afferenti alla medesima sbarra della stazione
52L	Caso A: Apertura 52SB + Telescatto interruttore stallo linea impianto affacciato 52L
	Caso B: Apertura 52PSTB + Apertura 52 BY + Telescatto interruttore stallo linea impianto affacciato 52L
52PSTA ⁽¹⁾	Apertura 52SB+ Apertura 52L
52PSTB ⁽¹⁾	Apertura 52SB+ Apertura 52L

(1) Presente solo in caso B

13.4. Assetto delle protezioni in caso di PST in esecuzione blindata

Le protezioni adottare per PST inseriti in un sistema in esecuzione blindata sono le stesse indicate nel Paragrafo 13.3, in quanto il sistema di protezione previsto per il modulo in aria è già dotato della ridondanza richiesta dai sistemi d'impianto isolati in SF6.

13.5. Assetto delle protezioni in caso di PST connesso a sezione di impianto in esecuzione blindata (Modulo PST.1)

Questa soluzione deve essere adottata per sistemi PST connessi a sezioni di impianto in sezioni in esecuzione blindata. Le protezioni sono le stesse indicate nel paragrafo 13.3 con l'aggiunta della logica LSPS/PST in base alla quale le protezioni distanziometriche 21.1 21.2 lato sbarre di figura **Fig. 16** riducono

il tempo di intervento della prima zona rivolta verso il blindato di stazione a 100ms in concomitanza del mancato intervento della protezione differenziale di sbarra (87SB) e del rilievo del guasto ad opera dei foto rilevatori nell'area A del blindato (comparti sbarra, sezionatori di sbarra, raccordo con l'interruttore). Detta logica illustrata in Fig. 19 esegue le stesse funzioni di riserva alla protezione di sbarra svolta, per gli stalli linea, dalla logica LSPS/L. la logica aggiuntiva descritta non è richiesta negli impianti blindati del livello di tensione 150-132 kV conformi alla norma CEI EN 62271-203 dato il maggior tempo di eliminazione dei guasti da essi tollerato.

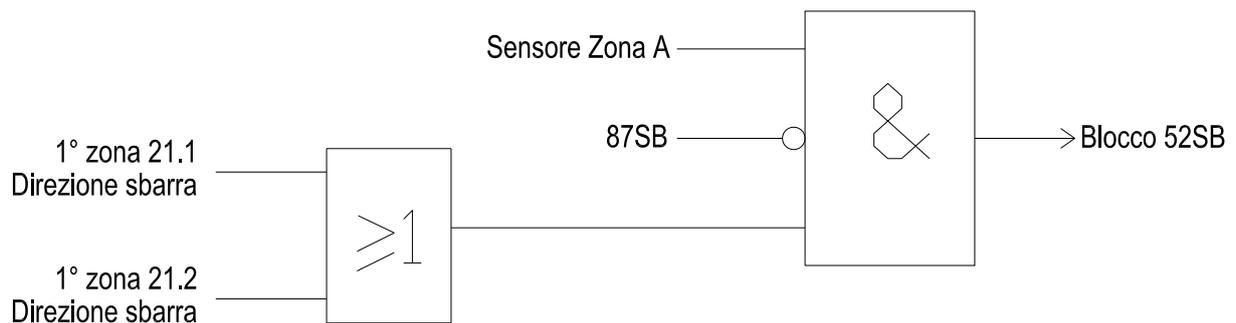


Fig. 19 – Logica LSPS/PST per stallo PST per stallo PST connesso a impianto blindato

14. PROTEZIONI DEI TRASFORMATORI DI DISTRIBUZIONE

Le prescrizioni di questo Capitolo si applicano ai trasformatori di distribuzione a due o tre avvolgimenti secondari con neutro lato AT isolato e rete/i MT esercita/e radialmente con neutro isolato (NI), con neutro compensato (NC), oppure con neutro a terra tramite resistenza (NR). Il sistema di messa a terra lato MT può essere realizzato sul centro stella dei trasformatori oppure tramite apposito trasformatore formatore di neutro (TFN) collegato alle sbarre MT.

In generale i trasformatori di distribuzione (TR di distribuzione) interconnettono una rete attiva con elevata potenza di corto circuito lato primario AT con una rete passiva, o attiva con potenza di corto circuito ridotta lato MT.

Nel seguito sono descritte soluzioni di base a variante delle quali si possono ottenere adattamenti a situazioni particolari.

14.1. Esigenze protettive

I guasti interni agli avvolgimenti dei TR di distribuzione possono essere classificati, come per gli ATR ed i TR di interconnessione, in *violenti* ed *incipienti*. Per i guasti violenti il tempo base di eliminazione deve essere contenuto entro i 100 ms se è interessato l'avvolgimento AT mentre per i corto circuiti polifase interni all'avvolgimento MT e per quelli esterni agli avvolgimenti, nella sezione MT di impianto, viene fissato un tempo massimo di eliminazione dei guasti non superiore a 1 s per esigenze di coordinamento con il tempo di intervento delle protezioni della rete MT.

Per i guasti incipienti non esiste un vincolo definibile a priori.

In conformità a quanto previsto per gli ATR ed i TR di interconnessione non sono richieste né protezioni specifiche contro i guasti serie né protezioni specifiche contro i guasti tra le spire.

Rispetto ai trasformatori di interconnessione, nei TR di distribuzione è giustificato privilegiare la disponibilità all'esercizio delle macchine in quanto la rete MT è gestita con schema radiale ed in essa sono minori le ridondanze di alimentazione dell'utenza. Ciò ha un immediato riflesso nella scelta dei comandi delle protezioni e spiega perché il comando di Blocco TR è richiesto solo in caso di sicuro guasto interno ai trasformatori con intervento del relè Buchholz.

Per il controllo della tensione ausiliaria in corrente continua di alimentazione al sistema di protezione del TR è previsto un relè di minima tensione cc con azione di comando sulla bobina "a mancanza" degli interruttori a cui è affidato il compito di distaccare la macchina dalla rete in caso di perdita della Vcc.

14.2. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea (Modulo TR)

Il *modulo TR* presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6 lato AT. La Fig. 20 illustra le protezioni elettriche previste contro i corto circuiti tra le fasi, contro i guasti a terra e contro le condizioni di funzionamento anomale.

Si precisa che per gli stalli AT dei trasformatori di distribuzione non è mai prevista la funzione Prova Forchetta (PF).

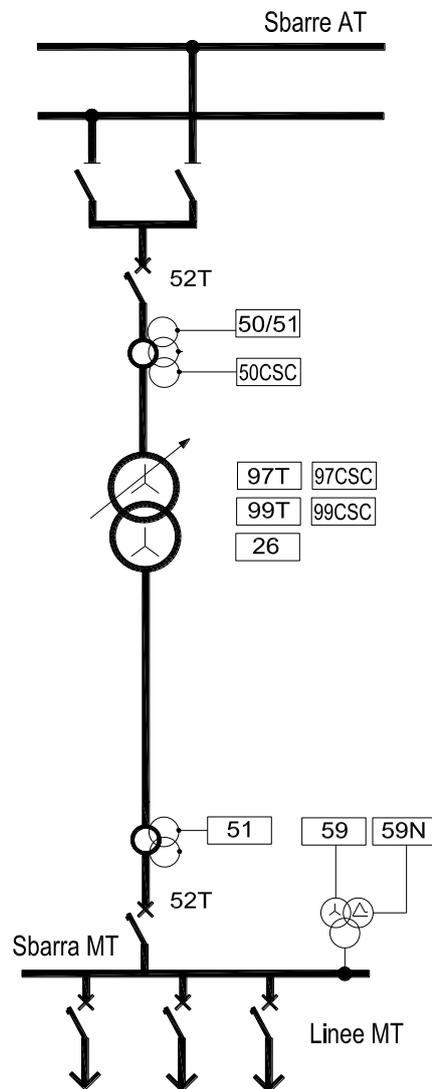


Fig. 20 - Assetto protezioni TR di distribuzione in impianto isolato in aria

Nel prospetto che segue sono elencate le protezioni elettriche previste per il TR di distribuzione a due avvolgimenti rappresentato in Fig. 20

Protezioni elettriche modulo TR AT/MT		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51	Massima corrente di fase lato AT a due soglie di intervento	
	1ª soglia ritardata	Scatto TR lato AT e lato MT
	2ª soglia istantanea	Scatto TR lato AT e lato MT
51	Massima corrente di fase lato MT ad una soglia di intervento ritardata	Scatto TR lato MT
50CSC	Massima corrente Commutatore Sotto Carico	Blocco manovra CSC
59N	Massima tensione omopolare di sbarra MT ad una soglia di intervento ritardata	Scatto TR lato AT e lato MT
80	Minima tensione corrente continua	Scatto TR lato AT e lato MT
59	Massima tensione di sbarra MT a due soglie di intervento	
	1ª soglia	Allarme
	2ª soglia	Scatto TR lato MT

Ad esse si aggiungono le tipiche protezioni a bordo macchina previste ed installate dai costruttori dei trasformatori, quali:

Protezioni a bordo del TR		
Codice	Tipo di protezione	Azione
97T e 97CSC	Buchholz Trasformatore e Buchholz Commutatore Sotto Carico	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco TR
26	Massima temperatura	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Scatto TR lato AT e lato MT
99T e 99CSC	Minimo livello olio Trasformatore e Minimo livello olio Commutatore Sotto Carico	Allarme

In relazione alla loro applicazione limitata i trasformatori di distribuzione a tre avvolgimenti non sono trattati esplicitamente. Ad essi si applicheranno criteri di protezione analoghi al caso a due avvolgimenti.

14.3. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione blindata (Modulo TR.1)

Questa soluzione deve essere adottata per lo stallo trasformatore afferente a sezioni AT di d'impianto in esecuzione blindata.

Le protezioni sono le stesse indicate nel Paragrafo 14.2, con l'aggiunta di una seconda protezione a massima corrente ad azione istantanea e comando di blocco sul lato AT del trasformatore in modo da rispettare il criterio della doppia protezione contro i guasti interni al blindato (50.1 e 50.2).

15. PROTEZIONI DELLE BATTERIE DI CONDENSATORI

Questo Capitolo si applica alle Batterie di Condensatori connesse alle sbarre delle stazioni AT generalmente di livello di tensione 150-132 kV.

Le protezioni trattate sono quelle preposte all'eliminazione di guasti interni e quelle previste per il distacco delle batterie a fronte di guasti nella rete di connessione non risolti nei tempi previsti oppure a fronte di variazioni anomale della tensione.

Nel seguito sono descritte le soluzioni di base a variante delle quali possono essere eseguiti adattamenti a situazioni particolari.

L'assetto delle protezioni di una tipica batteria di condensatori con configurazione a H è quello illustrato in Fig. 21

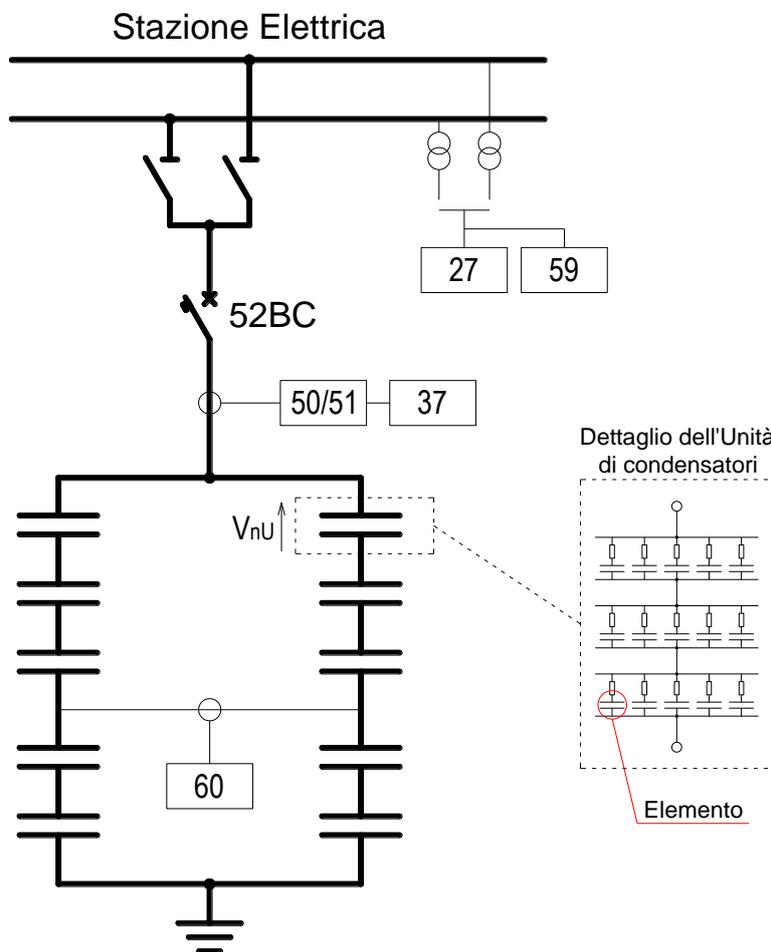


Fig. 21 - Assetto protezioni Batterie di Condensatori

15.1. Esigenze protettive

I guasti interni ai condensatori possono essere classificati in violenti ed incipienti. Per i primi il tempo base di eliminazione deve essere contenuto entro i 100 ms, per i secondi non esiste un vincolo definibile a priori.

I tempi di distacco dalla rete delle batterie di condensatori a fronte di guasti esterni dipendono, invece, dalle esigenze del sistema.

15.2. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea (Modulo BC)

Il *modulo BC* presuppone la connessione della batteria di condensatori a sezioni di impianto isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6 e comprende le protezioni contro i corto circuiti (tra le fasi e verso terra), le interruzioni e gli squilibri di fase, le eccessive variazioni in aumento della tensione come di seguito indicato in tabella.

Le protezioni sensibili ai guasti esterni richiedono uno stretto coordinamento con le altre protezioni di rete e devono essere tarate secondo quanto previsto nel documento [A.11].

L'intervento delle protezioni 50, 37 (2^asoglia) e 61 (2^a e 3^a soglia) deve provocare l'apertura dell'interruttore della batteria di condensatori con inibizione della chiusura dello stesso interruttore (blocco) mentre l'intervento delle protezioni 27, 59 (2^a soglia) e 60 (1^a soglia) deve provocare l'apertura dell'interruttore senza inibizione della chiusura (scatto).

Protezioni elettriche modulo BC		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51	Massima corrente	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a soglia	Blocco Batteria Condensatori
37	Minima corrente a due soglie di intervento	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a soglia	Blocco Batteria Condensatori
60	Squilibrio di corrente a due o tre soglie di intervento	
	1 ^a soglia	Allarme
	2 ^a soglia	Blocco Batteria Condensatori
	3 ^a soglia (se presente)	Blocco Batteria Condensatori
27	Minima tensione	Scatto Batteria Condensatori e Inibizione chiusura ⁽¹⁾
59	Massima tensione a due soglie di intervento	
	1 ^a soglia	Scatto Batteria Condensatori
	2 ^a soglia	Scatto Batteria Condensatori e Inibizione chiusura ⁽¹⁾

(1) L'inibizione delle soglie di minima e massima tensione è relativa al comando d'inserzione della batteria. La chiusura dell'interruttore è impedita se la tensione è inferiore o superiore alla soglia di regolazione di 27 e 59

15.3. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione blindata (Modulo BC.1)

Questa soluzione deve essere adottata per lo Stallo Batteria di Condensatori afferente a sezioni di d'impianto in esecuzione blindata.

Le protezioni sono le stesse indicate nel Paragrafo 15.2, con l'aggiunta di una seconda protezione a massima corrente ad azione istantanea e comando di blocco in modo da rispettare il criterio della doppia protezione contro i guasti interni al blindato (50.1 e 50.2).

16. PROTEZIONI DEI REATTORI SHUNT

Le prescrizioni di questo Capitolo si applicano ai reattori shunt installati nelle reti AAT ed AT del sistema elettrico italiano e destinati ad assolvere, in condizioni ordinarie, le seguenti funzioni: contenere la tensione entro valori compatibili con standard prefissati e compensare la potenza reattiva prodotta dagli elettrodotti aerei di rilevante lunghezza oppure in cavo.

In condizioni di emergenza i reattori shunt hanno poi la funzione specifica di stabilizzazione della tensione nelle fasi di rialimentazione a vuoto delle reti.

16.1. Esigenze protettive

Le esigenze protettive di base dei reattori shunt sono le stesse già viste per i trasformatori con le seguenti differenze:

- non sono necessarie protezioni contro i guasti esterni dato che i reattori costituiscono un carico passivo;
- con le protezioni elettriche è possibile assicurare la copertura degli interi avvolgimenti solo se i reattori sono dotati di TA di fase o di neutro nel lato centro stella.

In considerazione del previsto uso dei reattori shunt nel Piano di Riaccensione e Rialimentazione di reti spente, non si considera opportuno installare protezioni che ne limitano il funzionamento in regimi di tensione elevata e quindi non sono previste protezioni di massima tensione.

16.2. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione aerea (Modulo RS)

Il *modulo RS* presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6.

Le opzioni relative al sistema di protezione sono influenzate dalle differenti tipologie costruttive dei reattori (trifasi o monofasi) e dalla collocazione dei TA sul lato centro stella delle macchine. I casi che si presentano sono i seguenti:

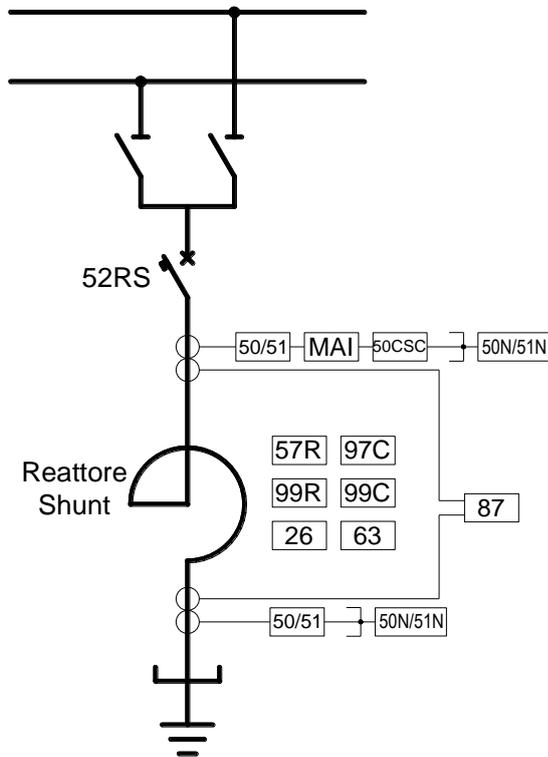
- macchine monofasi con TA su ciascuna delle tre fasi collegate a stella;
- macchine monofasi con TA di neutro sul collegamento a terra del centro stella;
- macchine trifasi con TA di neutro sul collegamento a terra del centro stella.

da cui si ricavano due casi applicativi:

- **Caso A:** presenza di tre TA di fase lato AT e tre TA di fase lato centro stella del reattore.
- **Caso B:** presenza di tre TA di fase lato AT e di un TA di neutro sul collegamento a terra del centro stella;

In entrambi i casi (Fig. 22) sono richieste due protezioni distinte per il rilievo dei guasti a terra e due per il rilievo dei guasti tra le fasi. La doppia protezione è richiesta anche nei livelli di tensione 150-132 kV ove ordinariamente il sistema è in singolo; questa scelta è motivata dall'alto valore dell'impedenza dei reattori che non consente di fare affidamento sulle protezioni di riserva a distanza.

CASO A



CASO B

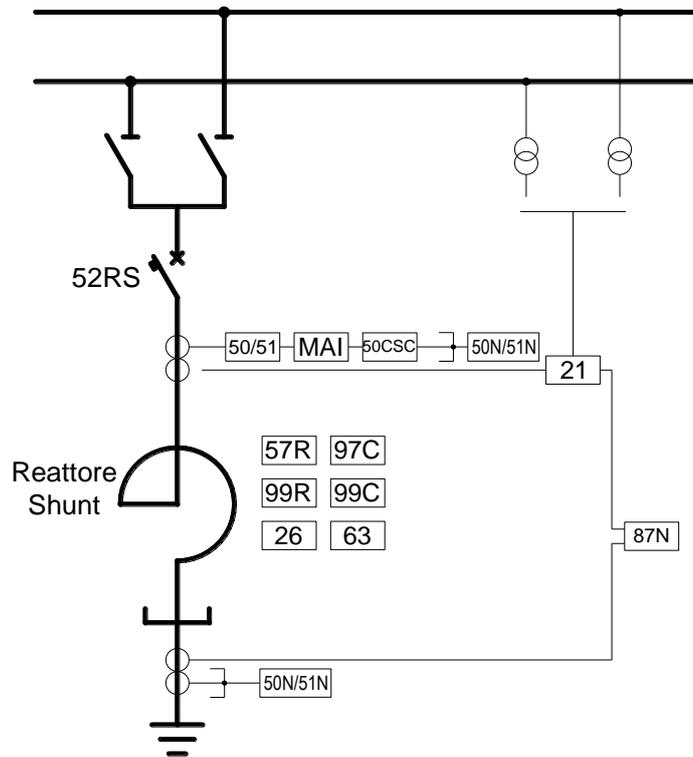


Fig. 22 - Assetto protezioni Reattore Shunt in impianto isolato in aria
Caso A) con TA di fase sugli avvolgimenti lato centro stella
Caso B) con TA di neutro sul collegamento a terra del centro stella

Nel *Caso A*, sia i guasti tra le fasi che quelli a terra possono essere rilevati da una protezione differenziale con funzione di protezione principale. La seconda protezione è rappresentata da funzioni distinte: due protezioni a massima corrente di fase nel lato AT e lato centro-stella del reattore contro i guasti tra le fasi e due protezioni a massime correnti omopolari contro i guasti a terra, una collocata nel lato AT della macchina e l'altra nel lato centro stella. Quest'ultima ha la capacità di rilevare guasti a terra delle ultime spire degli avvolgimenti in quanto un guasto in questa zona crea una situazione assimilabile al funzionamento di un autotrasformatore con il secondario in corto circuito, quindi con elevata circolazione di corrente nelle spire terminali.

Nel *Caso B*, invece, i guasti a terra sono rilevabili da una protezione differenziale di terra e da due protezioni a massima corrente omopolare mentre l'eliminazione dei guasti tra le fasi è affidata ad una protezione a minima impedenza e ad una protezione a massima corrente di fase. Le due protezioni omopolari sono inserite: una sul lato AT del reattore e l'altra sul collegamento verso terra del centro stella in modo da realizzare una situazione analoga a quella indicata per il caso A.

L'equipaggiamento protettivo dello stallo reattore, utilizzabile sia per il caso più comune di reattori derivati dalle sbarre di stazione che per il caso di reattori inseriti negli stalli linea, può essere riepilogato nel modo

di seguito indicato. In entrambi i casi è anche presente la protezione 50CSC che ha una funzione del tutto analoga a quella svolta dalla stessa protezione installata su trasformatori e su autotrasformatori.

Protezioni elettriche modulo RS - Caso A		
Codice	Tipo di protezione	Azione
87	Differenziale	Blocco Reattore Shunt
50/51	Massima corrente di fase lato alta tensione	Blocco Reattore Shunt
50N/51N	Massima corrente omopolare lato alta tensione	Blocco Reattore Shunt
50/51	Massima corrente di fase lato centro stella	Blocco Reattore Shunt
50N/51N	Massima corrente omopolare lato centro stella	Blocco Reattore Shunt
50CSC	Massima corrente Commutatore Sotto Carico	Blocco manovra CSC

Protezioni elettriche modulo RS - Caso B		
Codice	Tipo di protezione	Azione
21	Minima impedenza	Blocco Reattore Shunt
87N	Differenziale di terra (Terra ristretta)	Blocco Reattore Shunt
50/51	Massima corrente di fase lato alta tensione	Blocco Reattore Shunt
50N/51N	Massima corrente omopolare lato alta tensione	Blocco Reattore Shunt
50N/51N	Massima corrente omopolare sul collegamento a terra del centro stella	Blocco Reattore Shunt
50CSC	Massima corrente Commutatore Sotto Carico	Blocco manovra CSC

Alle protezioni elettriche prese in esame si aggiungono le protezioni usualmente montate dal costruttore a bordo della macchina:

Protezioni a bordo del Reattore		
Codice	Tipo di protezione	Azione
97RS	Buchholz Reattore Shunt	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco Reattore Shunt
97CSC	Buchholz Commutatore Sotto Carico	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Blocco Reattore Shunt
26RS	Massima temperatura	
	1a soglia	Allarme
	2a soglia	Scatto Reattore Shunt
99RS	Minimo livello olio Reattore Shunt	Allarme
99CSC	Minimo livello olio Commutatore Sotto Carico	Allarme
63RS	Protezione di sovrappressione	Blocco Reattore Shunt

Le protezioni elettriche indicate in precedenza (87, 21, 87N, 50/51, 50N/51N) possono essere disposte nel montante reattore nel modo indicato nella Fig. 22 a) e b) in cui sono illustrati i collegamenti dei relè ai riduttori di corrente e di tensione.

Nella organizzazione del complesso di tali protezioni occorre tenere conto della disponibilità di protezioni multifunzione che concentrano in uno stesso apparato più funzioni. Per le esigenze della sicurezza e della ridondanza è richiesto che tali funzioni siano ripartite su almeno due apparati avendo cura di evitare che le funzioni previste contro lo stesso tipo di guasto siano concentrate in uno stesso apparato.

16.3. Assetto delle protezioni in caso di connessione a sezioni in esecuzione blindata (Modulo RS.1)

In questo caso l'assetto protezioni coincide con quello previsto per l'assetto base RS (paragrafo precedente 16.2) essendo già in esso soddisfatti tutti i requisiti di rapidità e ridondanza richiesti.

17. PROTEZIONI DEGLI STALLI “ARRIVO UTENTE”

Per stallo *arrivo utente* si intende un montante di stazione a cui è connesso, con collegamento breve, un impianto di utente ubicato nelle immediate vicinanze.

La stazione può essere una stazione di trasformazione oppure di smistamento oppure di consegna adiacente ad un impianto di produzione o di consumo, ma separata da esso da confini funzionali e di proprietà.

L'elemento che contraddistingue i casi trattati in questo Capitolo è l'estrema brevità del collegamento tra i due impianti adiacenti (tipicamente inferiore ai 300 m); qualora, infatti, la distanza tra la stazione e l'impianto utente sia tale da configurare una vera e propria linea si applicheranno i normali criteri di protezione previsti per gli stalli linea¹⁵.

Si distinguono due casi in base alla presenza di interruttori ad una oppure ad entrambe le estremità:

- 1) presenza sul collegamento di un unico interruttore posizionato lato utente. Tale interruttore coincide con quello dello stallo AT oppure AAT del trasformatore elevatore di gruppo se l'impianto è quello di un produttore connesso alla rete tramite un solo trasformatore elevatore. Similmente, sarà presente il solo interruttore dello stallo AT del trasformatore di carico se l'impianto è quello di un consumatore con un solo trasformatore di prelievo AT/MT;
- 2) presenza nel collegamento di due interruttori, uno lato stazione ed uno lato utente.

Gli schemi di connessione di tipo 1) sono stati spesso utilizzati in passato mentre nelle nuove realizzazioni è applicata la soluzione 2). Gli schemi di tipo 1) si riportano nel presente documento al fine di guidare rifacimenti o adeguamenti di vecchi stalli ove non sia possibile approntare la soluzione 2).

Nel seguito sono considerati i due casi, separatamente per stallo arrivo utente in aria e per stallo arrivo utente blindato con riferimento ad utenti attivi e ad utenti passivi. Nel caso di utenti attivi si evidenziano le soluzioni per gli impianti di produzione convenzionali (termici, idrici, geotermici, ecc...) e per quelli da fonte rinnovabile eolici e fotovoltaici.

Si evidenzia che nel presente capitolo non vengono riportate le protezioni di gruppo funzionali all'individuazione e/o eliminazione di guasti interni all'impianto dell'utente stesso.

17.1. Stallo Arrivo Utente senza interruttore

17.1.1. Assetto delle protezioni dello stallo aereo Arrivo Utente attivo senza interruttore (Modulo AU)

Il *modulo AU* presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6. Nelle stazioni in aria di tipo A e B, le protezioni di stazione 87SB e/o MAI utilizzano apparecchiature ed organi di manovra propri dell'impianto utente. Infatti, ricevono le alimentazioni amperometriche dai TA dello stallo utente ed inviano i comandi di apertura all'interruttore (o agli interruttori) dell'utente. La protezione MAI relativa all'interruttore AT dell'utente è attivata dalla 87SB di stazione e dalle protezioni dell'impianto utente che agiscono su tale interruttore.

Nessun legame funzionale tra sistemi protettivi di stazione e dell'impianto utente è invece previsto per le stazioni di tipo C.

¹⁵ In particolare nel caso di linee corte si farà ricorso a protezioni differenziali con distanziometrica integrata oppure, in subordine, a protezioni distanziometriche con schemi di teleprotezione di tipo Permissive Overreach (PO).

I requisiti di rapidità e ridondanza richiesti dalle differenti categorie di stazione devono essere soddisfatti dalle protezioni contro i guasti interni installate nella sezione AT dell'impianto utente affacciato.

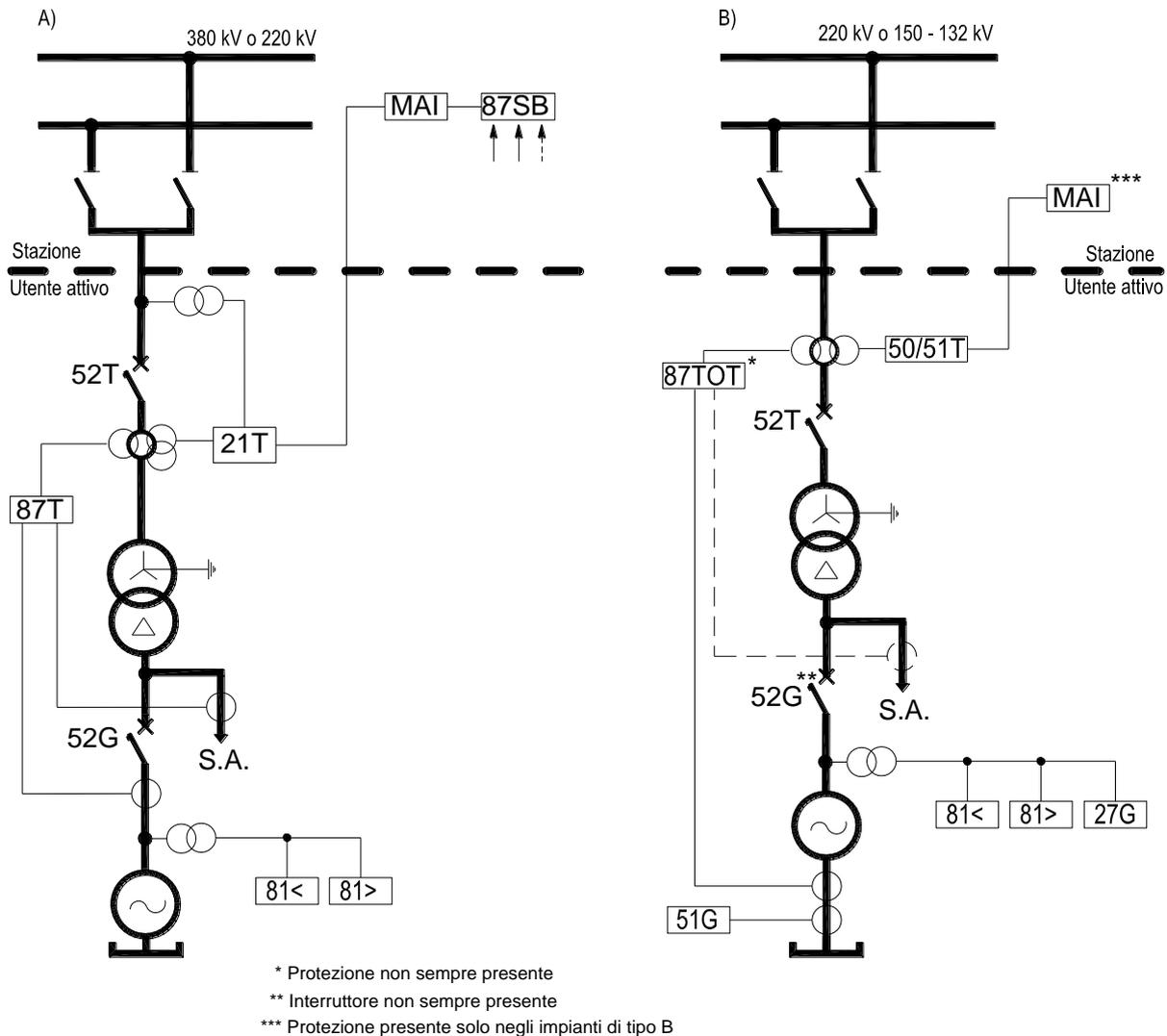


Fig. 23 - Esempi di sistemi di protezione previsti per la connessione di gruppi generatori alle sbarre di stazione adiacente con stallo Arrivo Utente senza interruttore

a) Gruppo convenzionale di grossa taglia allacciato a stazione di tipo A

b) Gruppo convenzionale di piccola taglia allacciato a stazione di tipo B o C

La Fig. 23 illustra due esempi di gruppi di tipo tradizionale connessi alle sbarre di una stazione adiacente, con evidenziato l'equipaggiamento protettivo contro i guasti esterni e le condizioni di funzionamento anomalo nelle reti AAT e AT usualmente previsto nella sezione di connessione ed i comandi di apertura impartiti agli interruttori. Non si considerano gli impianti di produzione eolici e fotovoltaici in quanto di recente connessione e quindi solitamente connessi secondo lo schema con doppio interruttore come riportato nel paragrafo 17.2.

Le protezioni nell'impianto utente saranno quindi le seguenti:

- Differenziale trasformatore elevatore o differenziale totale.

- Distanziometrica con gradino rovescio verso il trasformatore, prevista per gruppi di grossa taglia ¹⁶.
- Massima corrente trasformatore con soglia istantanea, prevista per gruppi di piccola e media taglia ¹⁷.

Le stazioni di tipo A e B esigono la ridondanza nella eliminazione dei guasti. Pertanto, i gruppi ad esse connessi dovranno essere dotati di almeno due protezioni del tipo sopra indicato (21T con 87T oppure 50/51T con 87T) ; per le esigenze delle stazioni di tipo C è sufficiente, invece, una sola protezione (ad esempio 50/51T).

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle protezioni installate.

Gruppo rotante convenzionale di grossa taglia allacciato a stazioni di tipo A con stallo Arrivo Utente senza interruttore		
Protezioni modulo AU		
Codice	Tipo di protezione	Azione
MAI	Mancata Apertura Interruttore del trasformatore elevatore utente (lato AAT o AT)	Blocco Sbarra stazione + Blocco Trasformatore elevatore ⁽¹⁾
Protezioni elettriche utente		
Codice	Tipo di protezione	Azione
21T	<i>Distanziometrica</i>	
	<i>Gradino in avanti (verso rete)</i>	<i>Scatto Trasformatore elevatore lato AAT o AT</i>
	<i>Gradino indietro (verso generatore)</i>	<i>Blocco Trasformatore elevatore (*)</i>
87T	<i>Differenziale trasformatore elevatore</i>	<i>Blocco Trasformatore elevatore (*)</i>
81> 81<	<i>Massima e minima frequenza</i>	<i>Scatto Trasformatore elevatore lato AAT o AT</i>

(1) Il blocco trasformatore elevatore può comportare il blocco generatore o il blocco gruppo

¹⁶ Protezione obbligatoria per gruppi generatori di potenza nominale ≥ 200 MVA, consigliata per generatori di potenza ≥ 100 MVA.

¹⁷ Protezione richiesta per tutti i gruppi generatori privi di protezione distanziometrica lato AT.

Gruppo rotante convenzionale di piccola e media taglia allacciato a stazioni di tipo B o C con stallo Arrivo Utente senza interruttore		
Protezioni elettriche modulo AU		
Codice	Tipo di protezione	Azione
MAI ⁽¹⁾	Mancata Apertura Interruttore del trasformatore elevatore utente (lato AT)	Blocco Sbarra stazione + Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾
Protezioni elettriche utente		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51T	Massima corrente	Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾
87TOT	Differenziale totale	Blocco Trasformatore elevatore e Blocco Gruppo
51G	Massima corrente generatore	Scatto Trasformatore elevatore lato AT
27G	Minima tensione	Scatto Trasformatore elevatore lato AT
81> 81<	Massima e minima frequenza	Scatto Trasformatore elevatore lato AT

(1) Protezione presente solo in impianti di tipo B

(2) Il Blocco Trasformatore elevatore può comportare il Blocco Generatore o il Blocco Gruppo

Considerazioni sulla posizione dei TA

Si fa osservare che nel caso rappresentato in Fig. 23 b) relativo ad un gruppo di piccola taglia connesso ad una stazione di tipo C, il TA del montante AT di gruppo è stato posizionato sul lato rete dell'interruttore 52T, anziché sul lato gruppo.

Il motivo di tale disposizione, difforme dalla regola base indicata dal documento [A.2], risiede nell'esigenza di assicurare la corretta eliminazione dei guasti tra TA ed interruttore anche in presenza di impianti con un sistema di protezione semplificato.

Infatti, con il TA collocato lato trasformatore (Fig. 23 a), un corto circuito in questa zona è avvertito dalle protezioni come guasto esterno al gruppo, con conseguente apertura del solo interruttore 52T. Poiché, in tal modo, il guasto continua ad essere alimentato dal generatore, per il suo definitivo isolamento occorre fare affidamento sulla partecipazione di altre protezioni; nel caso in esame sull'intervento della protezione MAI che provvede ad attuare il blocco del trasformatore.

Con il TA posizionato lato rete (Fig. 23 b), invece, il guasto tra TA e interruttore è subito visto dalle protezioni del trasformatore come un guasto interno cosicché si ottiene il blocco della macchina senza l'intermediazione di altri relè.

17.1.2. Assetto delle protezioni dello stallo blindato Arrivo Utente attivo senza interruttore (Modulo AU.1)

La soluzione da adottare per lo stallo arrivo utente senza interruttore in impianto isolato in SF6, è la stessa descritta nel Paragrafo 17.1.1, con la logica aggiuntiva LSPS/AU prevista nel solo caso di utenti attivi. In base ad essa è annullato il tempo di intervento delle protezioni contro i guasti esterni dell'impianto di generazione in caso di mancato funzionamento della protezione differenziale di sbarra 87SB di stazione per guasto nell'area A del blindato rilevato dai sensori ottici (il riferimento è ai compartimenti sbarra ed alla forchetta con sezionatori di sbarra di Fig. 3. Detta logica assolve alle stesse funzioni di riserva alla protezione di sbarra svolta, per gli stalli di linea, dalla logica LSPS/L.

La illustra Fig. 24 l'applicazione di tale logica al caso di stallo arrivo utente (attivo) di stazione in SF6.

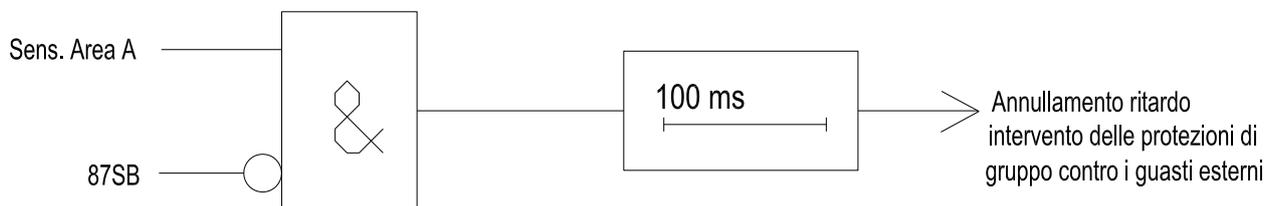


Fig. 24 - Logica LSPS/AU per stallo arrivo utente attivo di impianto blindato

Le protezioni di gruppo contro i guasti esterni, su cui agisce la logica LSPS/AU, sono le seguenti:

- Distanziometrica nel lato AT del trasformatore elevatore di gruppo, prevista per i gruppi di grossa taglia ¹⁸.
- Massima corrente e minima tensione generatore, previste per i gruppi di piccola e media taglia ¹⁹.
- Massima tensione omopolare lato AT, prevista per i gruppi con trasformatore elevatore esercito a neutro isolato.

Con la ricezione del segnale LSPS/AU, devono essere annullati gli usuali ritardi di funzionamento stabiliti per queste protezioni e lo scatto deve essere emesso per superamento della sola soglia di avviamento. Per la protezione distanziometrica l'azzeramento della temporizzazione deve essere limitato alla prima zona orientata verso rete, preposta a coprire le sbarre di stazione.

Il rispetto del tempo massimo di eliminazione dei guasti interni al blindato, in caso di mancata apertura dell'interruttore AT del gruppo, è assicurato dalla protezione MAI relativa allo stallo arrivo utente attivo, che comanda l'apertura dell'interruttore MT del generatore o, in mancanza di questo, provvede ad attivare il blocco del gruppo.

Tale logica è sempre prevista, anche nel caso di blindati di classe B.1, tipici delle reti a tensione 150-132 kV, compresi quelli conformi alla norma CEI EN 62271-203 (classe B.1A). Infatti le protezioni contro i guasti esterni dei generatori sono quasi sempre costituite da massime correnti (51G) e minime tensioni (27G) con tempi di intervento elevati (tempo tipico $t = 2$ s) e la logica LSPS/AU viene adottata per abbreviarne la durata.

¹⁸ Protezione obbligatoria per gruppi generatori di potenza nominale ≥ 200 MVA, consigliata per generatori di potenza ≥ 100 MVA.

¹⁹ Protezione richiesta per tutti i gruppi generatori privi di protezione distanziometrica lato AT.

17.1.3. Assetto delle protezioni degli stalli in aria e blindati Arrivo Utente passivo senza interruttore (Modulo AU / AU.1)

Nel caso di utente passivo, valgono le medesime prescrizioni dei paragrafi 17.1.1 e 17.1.2 per quanto riguarda le protezioni degli stalli della stazione di connessione, mentre nello stallo utente le protezioni previste nel lato AAT/AT dei trasformatori di impianto sono:

- Massima corrente (50/51T)
- Differenziale trasformatore (87T)

Le due funzioni devono essere allocate in apparati diversi.

17.2. Stallo Arrivo Utente con interruttore

17.2.1. Assetto delle protezioni dello stallo aereo Arrivo Utente attivo con interruttore (Modulo AU-I)

Il modulo AU-I presuppone la presenza di sezioni isolate in aria o costituite da moduli compatti integrati in SF6. I criteri di seguito indicati si applicano ai collegamenti brevi tra stazioni elettriche ed impianti utente in cui sia presente, per motivi di sicurezza ed affidabilità di esercizio, un interruttore lato stazione ed un interruttore lato utente (produttore o consumatore).

Nel seguito sono esaminati i vari casi sulla base del tipo di impianto.

Le Fig. 25 a) b) e c) illustrano rispettivamente

- l'assetto delle protezioni di un tipico collegamento tra gruppo generazione convenzionale e stazione di connessione di tipo A;
- l'assetto delle protezioni di un tipico collegamento tra gruppo generazione convenzionale e stazione di connessione di tipo B o C;
- l'assetto delle protezioni di un tipico collegamento tra impianti di generazione eolici o fotovoltaici e stazione di connessione di tipo B o C.

Stazioni di tipo A

In relazione a tale situazione si considera il caso tipico di utenze attive costituite da gruppi generatori convenzionali di media e grossa taglia (potenza nominale ≥ 100 MVA) connessi a stazioni adiacenti.

Le protezioni di ciascun impianto agiscono esclusivamente sull'interruttore di propria competenza con l'unica eccezione della protezione MAIG dell'impianto utente che agisce anche sull'interruttore della stazione affacciata.

La protezione del collegamento tra i due impianti è fornita da una protezione differenziale con funzione distanziometrica integrata sensibile anche ai guasti esterni al collegamento principale. Data la brevità della connessione, assimilabile ad un prolungamento del sistema di sbarre della stazione, è sufficiente quest'unico apparato. Ovviamente in questi stalli non è mai prevista la richiusura automatica rapida o lenta.

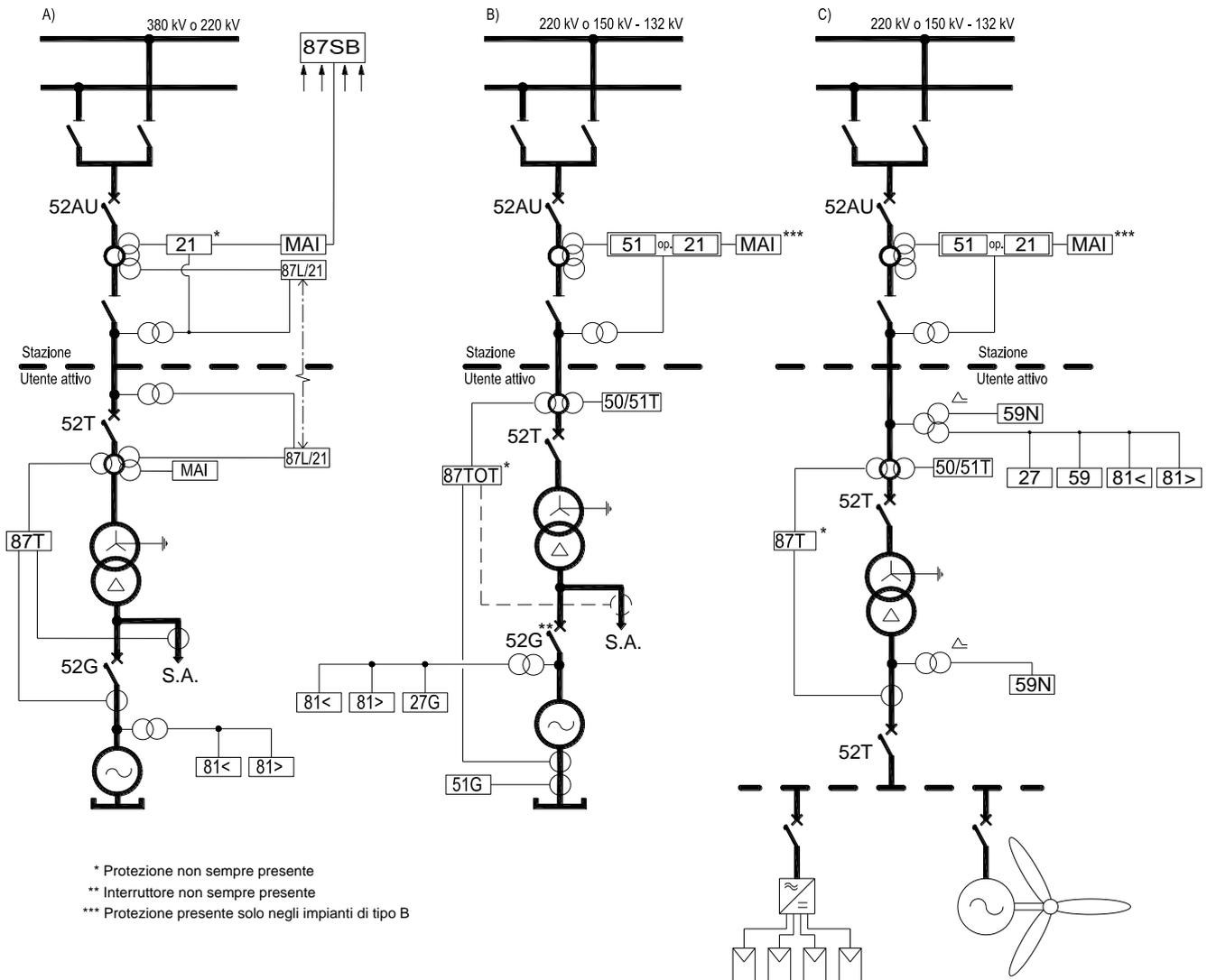


Fig. 25 - Esempi di sistemi di protezione previsti per la connessione di gruppi generatori alle sbarre di stazione adiacente con stallo arrivo utente dotato di interruttore

a) Gruppo di grossa taglia allacciato a stazione di tipo A

b) Gruppo di piccola taglia allacciato a stazione di tipo B o C

c) Impianto eolico o fotovoltaico allacciato a stazione di tipo B o C

Stazioni di tipo B o C

E' necessario associare allo stallo arrivo utente un adeguato sistema di protezione in modo da impedire che guasti non correttamente eliminati nell'impianto del produttore propaghino i loro effetti nella rete a monte. In ogni caso, data la brevità della connessione assimilabile ad un prolungamento del sistema di sbarre della stazione, sarà sufficiente una singola protezione anche se la stazione è classificata di tipo B.

La protezione sarà una protezione distanziometrica oppure una protezione di massima corrente. La scelta dipenderà dal rapporto esistente tra Pcc di rete e Pcc di gruppo: con Pcc di rete prevalente (ovvero con rapporto superiore a 4) sarà preferita la protezione a massima corrente mentre con Pcc di gruppo prossima alla Pcc di rete sarà preferita la protezione distanziometrica.

In questi stalli non è mai prevista la richiusura automatica rapida o lenta.

La Fig. 25 b) e c) illustrano l'assetto delle protezioni di un tipico collegamento tra gruppo di generazione e una stazione di connessione di tipo B o C.

Gli stalli arrivo utente possono essere sempre equipaggiati con apparati di linea di tipo numerico dotati al proprio interno delle seguenti funzioni:

- protezione distanziometrica (21)
- protezione di massima corrente (50/51)
- MAI

Con tale soluzione potrà essere eseguito con facilità l'adattamento dello stallo alle specifiche esigenze del sistema includendo o escludendo le funzioni suddette; con altrettanta facilità le scelte operate potranno essere modificate nel tempo al sopravvenire di nuove esigenze.

Considerazioni sulla posizione dei TA lato Utente

Le considerazioni svolte nel Paragrafo 17.1.1 per valgono anche nel contesto in esame e servono a spiegare la diversa posizione assegnata ai TA nella Fig. 25 a) rispetto alla Fig. 25 b) e c).

Considerazioni sulla protezione MAIG di utenti attivi

La protezione MAIG è installata sugli interruttori di un impianto di produzione per garantire l'integrità del macchinario rotante e può agire anche sull'interruttore della stazione adiacente. Essa non è mai prevista per i trasformatori elevatori degli impianti di produzione eolica o fotovoltaica. Relativamente al "trascinamento" MAI va ricordato che esso è solo unidirezionale. In altre parole è prevista, se ne sussistono i requisiti, l'apertura dell'interruttore nella stazione di connessione comandata dalla protezione MAIG dell'impianto di generazione ma non è mai previsto l'invio di comandi di apertura dalla protezione MAI di stazione verso l'interruttore dell'impianto utente.

Di seguito si riportano le tabelle di sintesi delle protezioni nei vari casi:

Gruppo rotante convenzionale di grossa taglia allacciato a stazioni di tipo A con stallo Arrivo Utente dotato di interruttore		
Protezioni modulo AU-I		
Codice	Tipo di protezione	Azione
87L/21	Differenziale di linea con distanziometrica integrata lato stazione	Scatto 52 AU
21	Distanziometrica ⁽¹⁾	Scatto 52AU
MAI	Mancata Apertura Interruttore di stazione	Scatto interruttori al contorno afferenti alla stessa sbarra
Protezioni elettriche utente		
Codice	Tipo di protezione	Azione
87L/21	<i>Differenziale di linea con distanziometrica integrata lato utente</i>	
	<i>Differenziale</i>	<i>Scatto Trasformatore elevatore lato AAT o AT</i>
	<i>Distanziometrica gradini in avanti (verso rete)</i>	<i>Scatto Trasformatore elevatore lato AAT o AT</i>
	<i>Distanziometrica gradini indietro (verso generatore)</i>	<i>Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾</i>
MAIG	<i>Mancata apertura Interruttore</i>	<i>Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾</i>
87T	<i>Differenziale trasformatore elevatore</i>	<i>Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾</i>
81G> 81G<	<i>Relè di massima e minima frequenza</i>	<i>Scatto Trasformatore elevatore lato AAT o AT</i>

(1) Protezione non sempre presente

(2) Il Blocco Trasformatore elevatore può comportare il Blocco Generatore o il Blocco Gruppo

Gruppo convenzionale rotante di piccola e media taglia allacciato a stazioni di tipo B o C con stallo Arrivo Utente dotato di interruttore		
Protezioni modulo AU-I		
Codice	Tipo di protezione	Azione
51 o 21	Distanziometrica o Massima corrente	Scatto 52 AU
MAI ⁽¹⁾	Mancata Apertura Interruttore	Scatto interruttori al contorno afferenti alla stessa sbarra
Protezioni elettriche utente		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51T	Massima corrente	Blocco Trasformatore elevatore ⁽²⁾
87TOT	Differenziale Totale	Blocco Trasformatore elevatore e blocco gruppo
27G	Minima tensione generatore	Scatto Trasformatore lato AT
51G	Massima corrente generatore	Scatto Trasformatore lato AT
81G> 81G<	Relè di massima e minima frequenza	Scatto Trasformatore lato AT

(1) Protezione non sempre presente

(2) Il Blocco Trasformatore elevatore può comportare il Blocco Generatore o il Blocco Gruppo

Impianti eolici o fotovoltaici allacciati a stazioni di tipo B o C con stallo Arrivo Utente dotato di interruttore		
Protezioni modulo AU-I		
Codice	Tipo di protezione	Azione
51 o 21	Distanziometrica o Massima corrente	Scatto 52 AU
MAI ⁽¹⁾	Mancata Apertura Interruttore	Scatto interruttori al contorno afferenti alla stessa sbarra
Protezioni elettriche utente		
Codice	Tipo di protezione	Azione
50/51T	Massima corrente	Blocco Trasformatore elevatore
87T	Differenziale trasformatore	Blocco Trasformatore elevatore
27	Minima tensione di rete	Scatto Trasformatore lato AT
59	Massima tensione di rete	Scatto Trasformatore lato AT
59N	Massima tensione omopolare di rete	Scatto Trasformatore lato AT
81G> 81G<	Relè di massima e minima frequenza	Scatto Trasformatore lato AT

(1) Protezione non sempre presente

Nello stallo Arrivo Utente non è prevista la funzione Prova Forchetta (PF).

17.2.2. Assetto delle protezioni dello stallo blindato Arrivo Utente attivo con interruttore (Modulo AU-I.1)

Per gli impianti della rete di trasmissione a 380 e 220 kV isolati in SF6 (classe A.1) oltre alla protezione differenziale di linea, è prevista una seconda protezione a minima impedenza, per la realizzazione di un sistema protettivo in doppio in grado di eliminare con certezza i guasti entro il tempo stabilito di 250 ms (ved. Paragrafo 6.1.2).

Per gli impianti delle reti a 150-132 kV isolati in SF6 (classe B.1) è invece consentita anche un'unica protezione in considerazione del fatto che gli stalli Arrivo Utente con interruttore si trovano quasi esclusivamente in impianti successivi e conformi alla norma sui blindati CEI EN 62271-203 la quale tollera tempi di eliminazione dei guasti fino a 500 ms conseguibili anche con le protezioni delle stazioni al contorno.

In tutti i casi, se l'utente è di tipo attivo, deve essere realizzata la logica LSPS/AU descritta nel Paragrafo 17.1.1. Con essa viene annullato il tempo di intervento delle protezioni contro i guasti esterni nell'impianto di generazione in caso di mancato funzionamento della protezione di sbarra di stazione a fronte di guasto nell'area A del blindato rilevato dai sensori ottici (comparti sbarra e forchetta con sezionatori di sbarra di Fig. 3).

Nello stallo Arrivo Utente non è prevista la funzione Prova Forchetta (PF).

17.2.3. Assetto delle protezioni degli stalli in aria e blindati Arrivo Utente passivo con interruttore (Modulo AU-I / AU-I.1)

Nel caso di utente passivo, valgono le medesime prescrizioni dei paragrafi 17.2.1 e 17.2.2 per quanto riguarda le protezioni degli stalli della stazione di connessione, mentre nello stallo utente le protezioni di norma previste nel lato primario dei trasformatori AT/MT sono:

- Massima corrente (50/51T)
- Differenziale trasformatore (87T)

E' consigliabile che le due funzioni siano allocate in apparati diversi.

18. APPENDICE A - APPLICAZIONE DOPPIA PROTEZIONE DIFFERENZIALE

18.1. Ambito di applicazioni/limiti di impiego

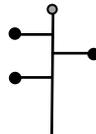
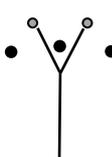
Il suddetto assetto protettivo (nel seguito per brevità: doppia 87L) ha lo scopo principale di assicurare la protezione selettiva di linee totalmente in cavo, nonché di linee aeree o miste di breve lunghezza nelle quali l'impiego di soluzioni protettive ridondate costituite da doppia protezione distanziometrica o distanziometrica + differenziale di linea risulta problematico ai fini della selettività comportando l'impiego di uno schema di teleprotezione di tipo PO in associazione alle protezioni distanziometriche.

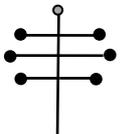
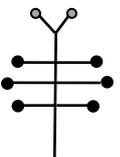
Pertanto l'ambito di applicazione si restringe a linee brevi con agli estremi impianti a 380 kV/220 kV isolati in aria o in SF6 (categoria A o A.1) e impianti a 132/150 kV solo quando è richiesto il doppio sistema di protezione per isolamento in SF6 di uno o di entrambi gli impianti collegati (categoria B.1).

Condizione indispensabile per l'adozione di questa configurazione protettiva è la disponibilità di Fibre Ottiche (FO) poste in cavi ottici indipendenti per la trasmissione dei segnali tra i due estremi.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le configurazioni consentite dei sistemi di comunicazione sia in riferimento a linee aeree che a linee in cavo. Nel paragrafo successivo sono poi riportate le rappresentazioni schematiche delle soluzioni consentite.

Linee aeree

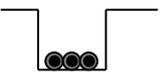
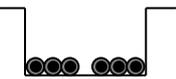
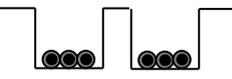
Requisiti		Applicabilità	
Tipo di linea	Sistema di comunicazione	Caso rete magliata	Caso antenna
Singola terna aerea con una FdG 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A1]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Unico cavo ottico su fune di guardia	Non consentito. Occorre utilizzare schema tradizionale 87L con comunicazione su FO e 21 con TP tramite OCV su altro percorso	Non consentito. Occorre utilizzare schema tradizionale 87L con comunicazione su FO e 21 con TP tramite OCV su linea
Singola terna aerea con doppia FdG 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A1]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Cavo ottico su ciascuna delle due funi di guardia [Fig A2]	In subordine	Ok

Requisiti		Applicabilità	
Tipo di linea	Sistema di comunicazione	Caso rete magliata	Caso antenna
Doppia terna aerea con una FdG 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A3]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Unico cavo ottico su fune di guardia	Non consentito. Occorre utilizzare schema tradizionale 87L con comunicazione su FO e 21 con TP tramite OCV su altro percorso	Non consentito. Occorre utilizzare schema tradizionale 87L con comunicazione su FO e 21 con TP tramite OCV su altro percorso
Doppia terna aerea con doppia FdG 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig. A3]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Cavo ottico su ciascuna delle due funi di guardia [Fig A4]	In subordine	Ok

(1) Per *percorsi geograficamente indipendenti* si intendono canali di comunicazione in FO, dentro funi di guardia che realizzano tracciati completamente distinti tra loro in termini di percorso.

È in fase di studio l'utilizzo di canali di comunicazione implementati uno tramite FO e l'altro su rete SDH realizzata tramite IRU. Il secondo canale sfruttato dall'IRU si dovrà appoggiare "fisicamente" su un *ring* di comunicazione non comprendente la o le tratte in FO utilizzate per il primo canale.

Linee in cavo

Requisiti		Applicabilità	
Tipo di linea	Sistema di comunicazione	Caso rete Magliata	Caso antenna
Singola terna in cavo 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A5]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Cavi ottici nella trincea posti ai due lati del cavo [Fig.A6]	Consentito in subordine	Consentito in subordine
	Unico cavo ottico nella trincea	Non consentito	Non consentito
Doppia terna in cavo (singola trincea) 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A7]	Ok	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Cavi ottici in trincea posti ai due lati dei cavi [Fig.A8]	Consentito in subordine	Consentito in subordine
	Unico cavo ottico nella trincea	Non consentito.	Non consentito.
Doppia terna in cavo (doppia trincea) 	Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti ⁽¹⁾ [Fig.A9]	Ok. Schema privilegiato	Percorsi indipendenti normalmente non disponibili
	Cavi ottici posti in trincee diverse [Fig.A10]	Consentito in subordine	Consentito

(1) Per *percorsi geograficamente indipendenti* si intendono canali di comunicazione in FO in cavi interrati che realizzano tracciati completamente distinti tra loro in termini di percorso.

È in fase di studio l'utilizzo di canali di comunicazione implementati uno tramite FO e l'altro su rete SDH realizzata tramite IRU. Il secondo canale sfruttato dall'IRU si dovrà appoggiare "fisicamente" su un *ring* di comunicazione non comprendente la o le tratte in FO utilizzate per il primo canale.

18.2. Schemi di comunicazione

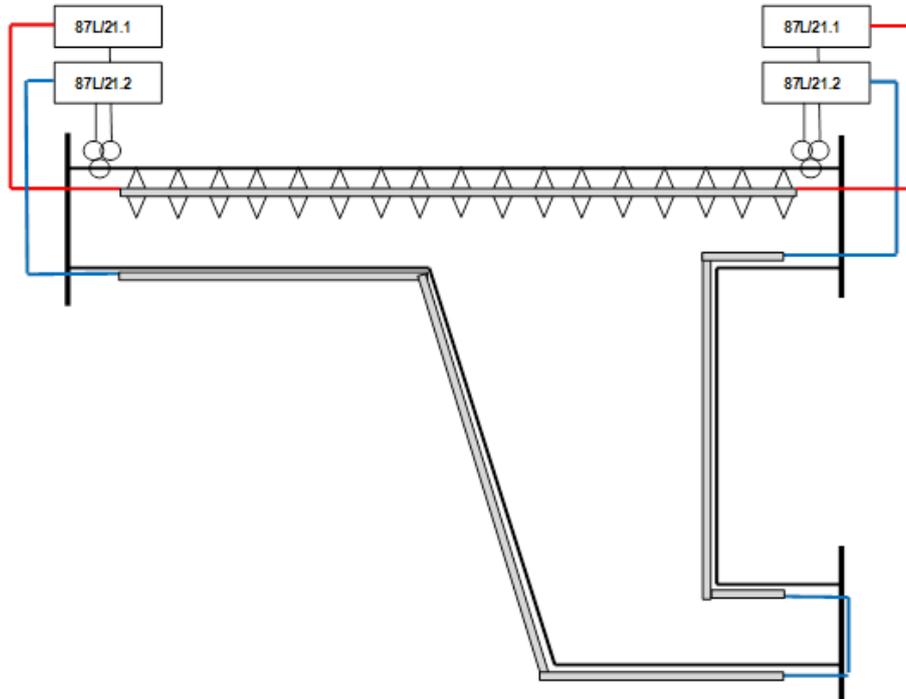


Fig. A1 Singola terna aerea con una fune di guardia - Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti

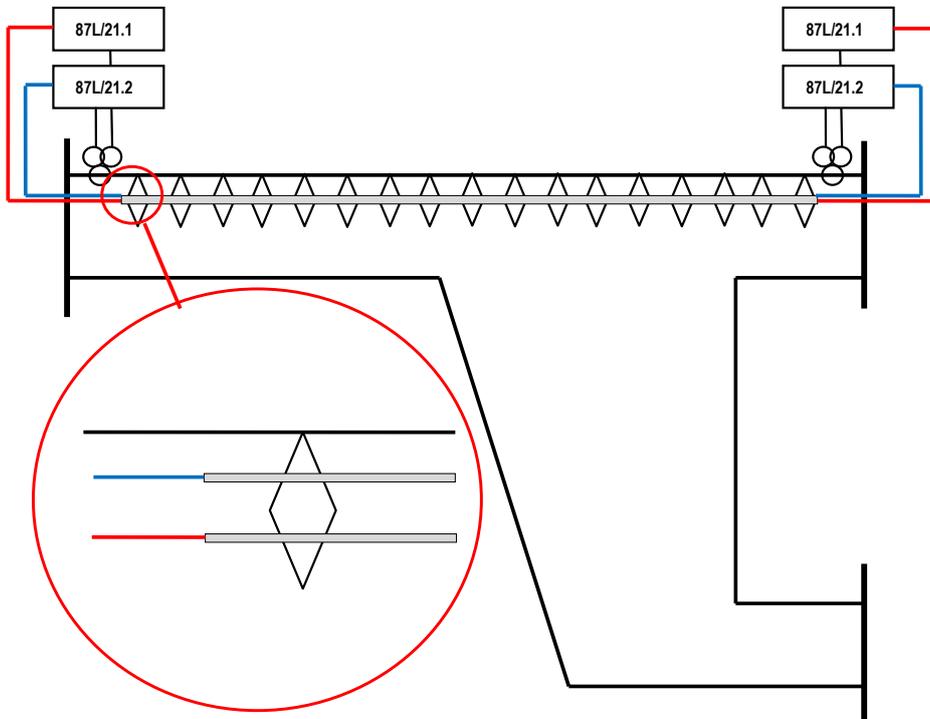


Fig. A2 Singola terna aerea con doppia fune di guardia - Cavi ottici su due funi di guardia

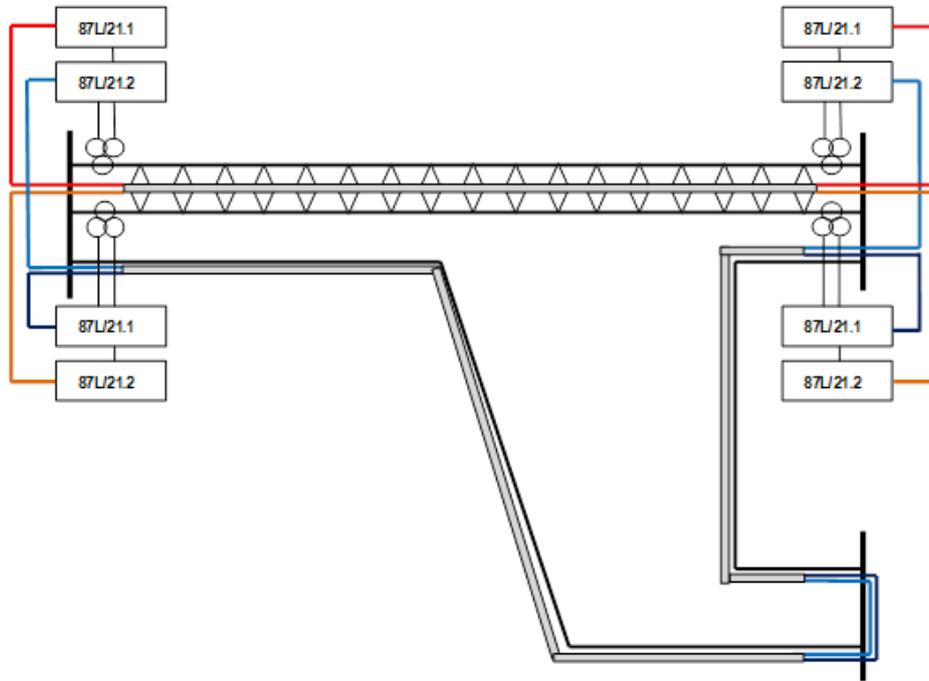


Fig. A3 Doppia terna aerea con una fune di guardia - Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti

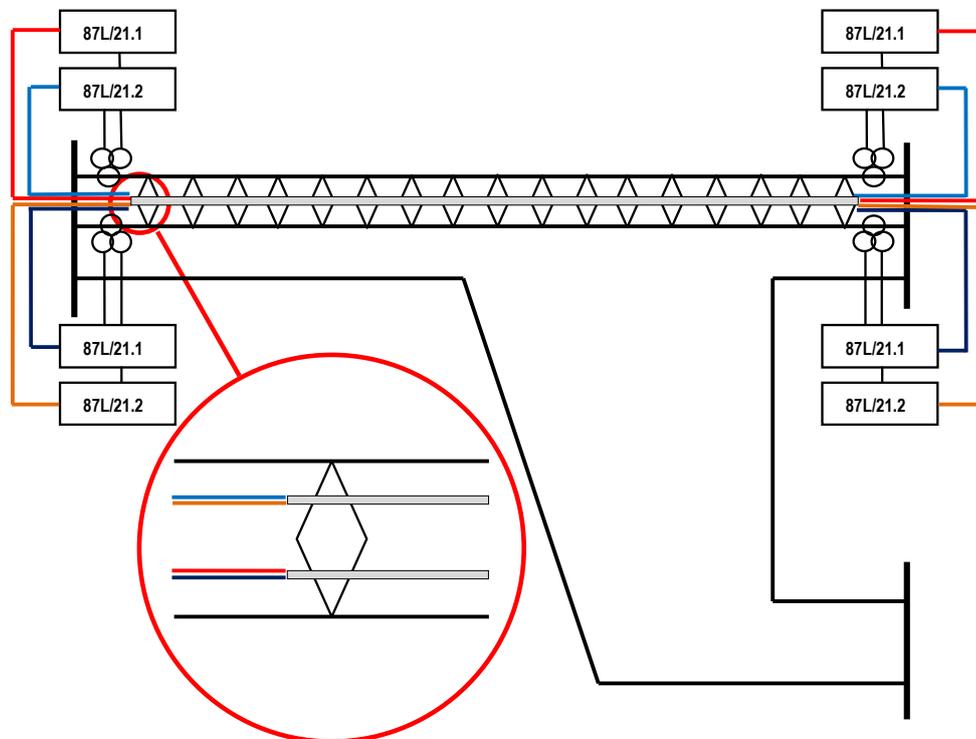


Fig. A4 Doppia terna aerea con doppia fune di guardia - Cavi ottici su due funi di guardia

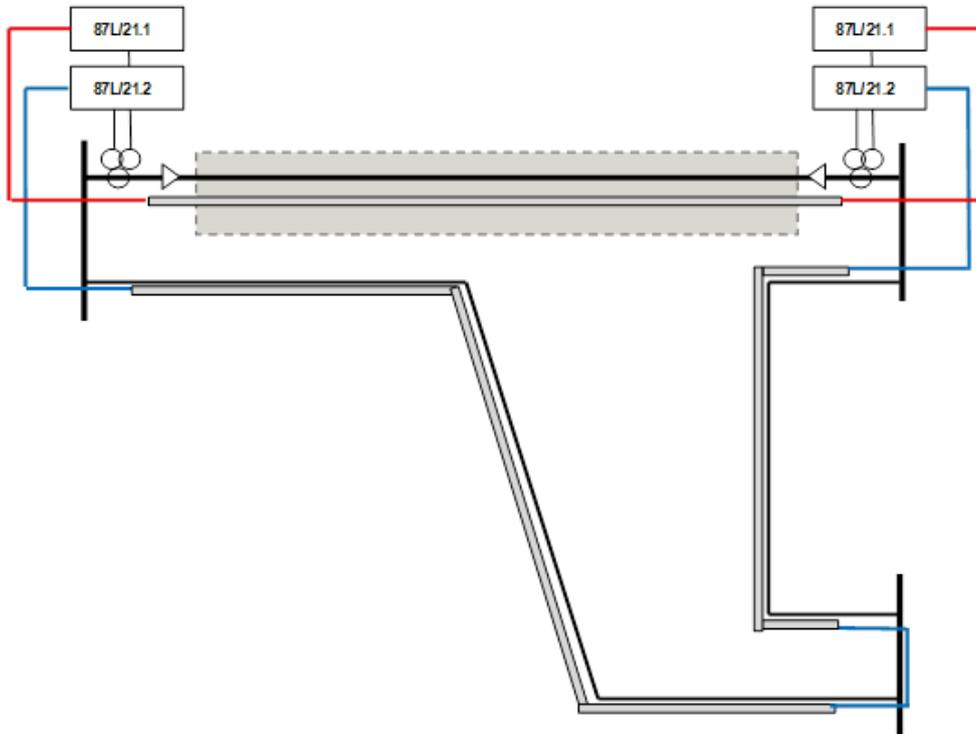


Fig. A5 Singola terna in cavo in trincea singola - Cavi ottici su percorsi geograficamente

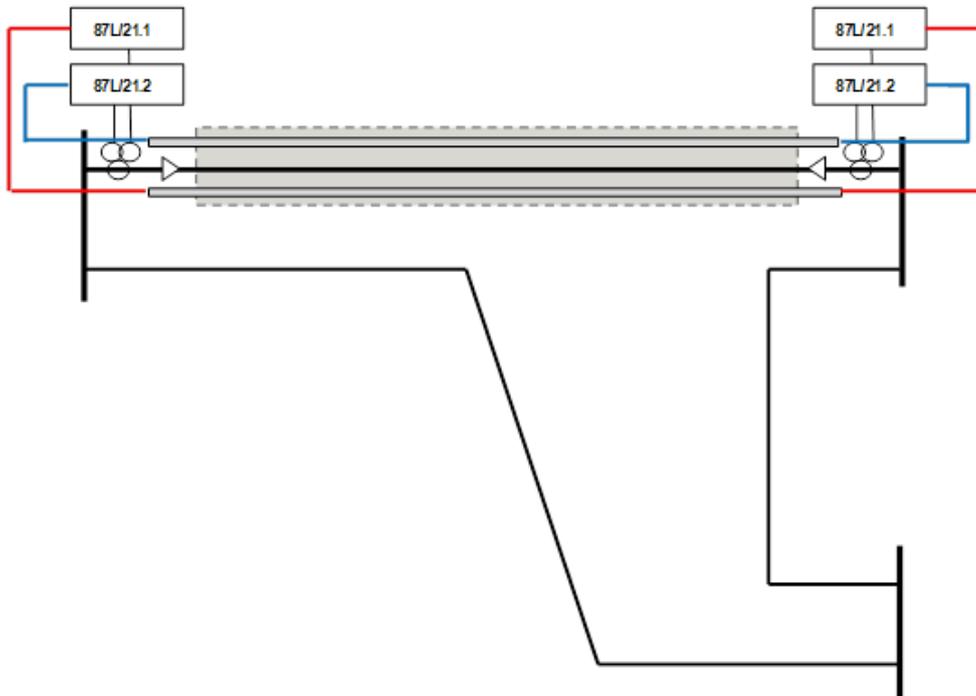


Fig. A6 Singola terna in cavo in trincea singola - Cavi ottici nella trincea posti ai due lati del cavo

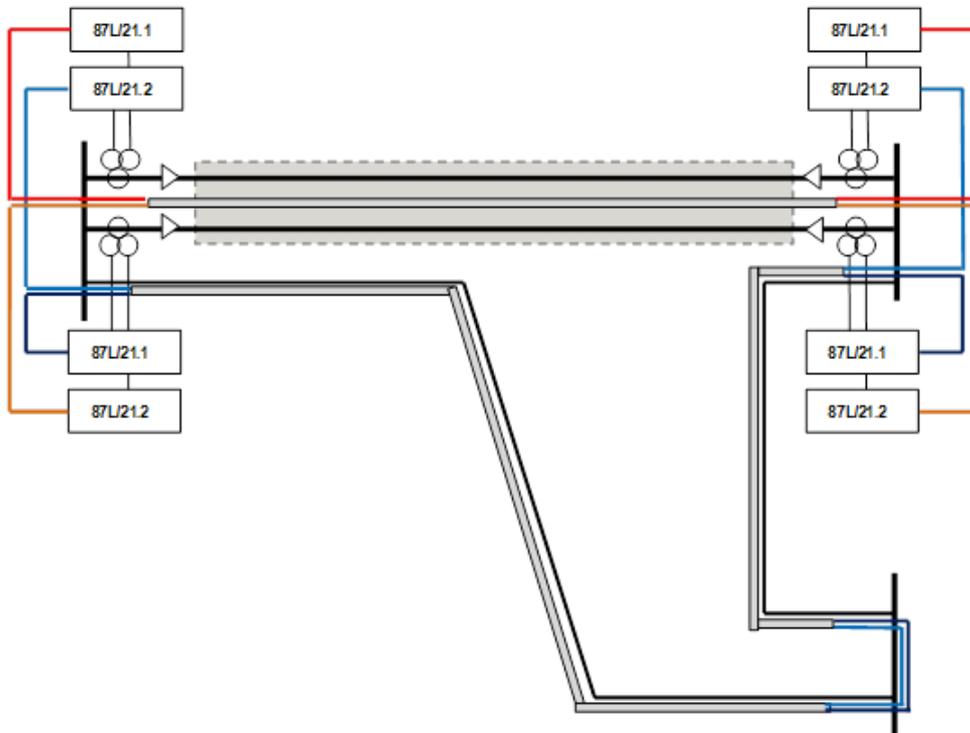


Fig. A7 Doppia terna in cavo in singola trincea - Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti

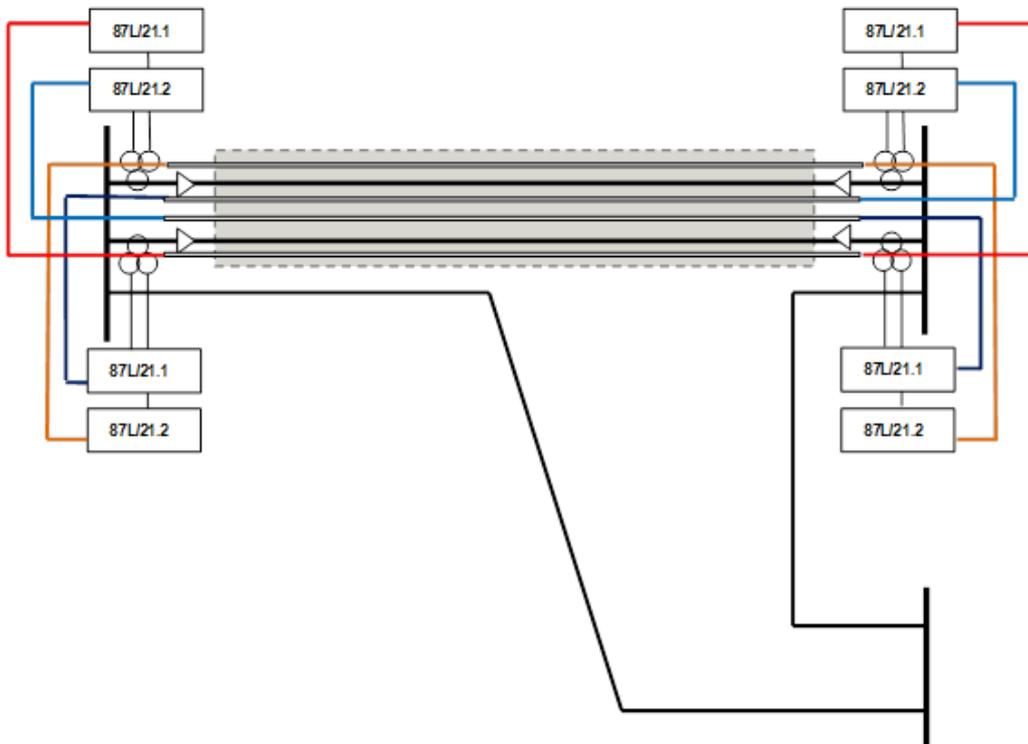


Fig. A8 Doppia terna in cavo in singola trincea - Cavi ottici in trincea posti ai due lati dei cavi

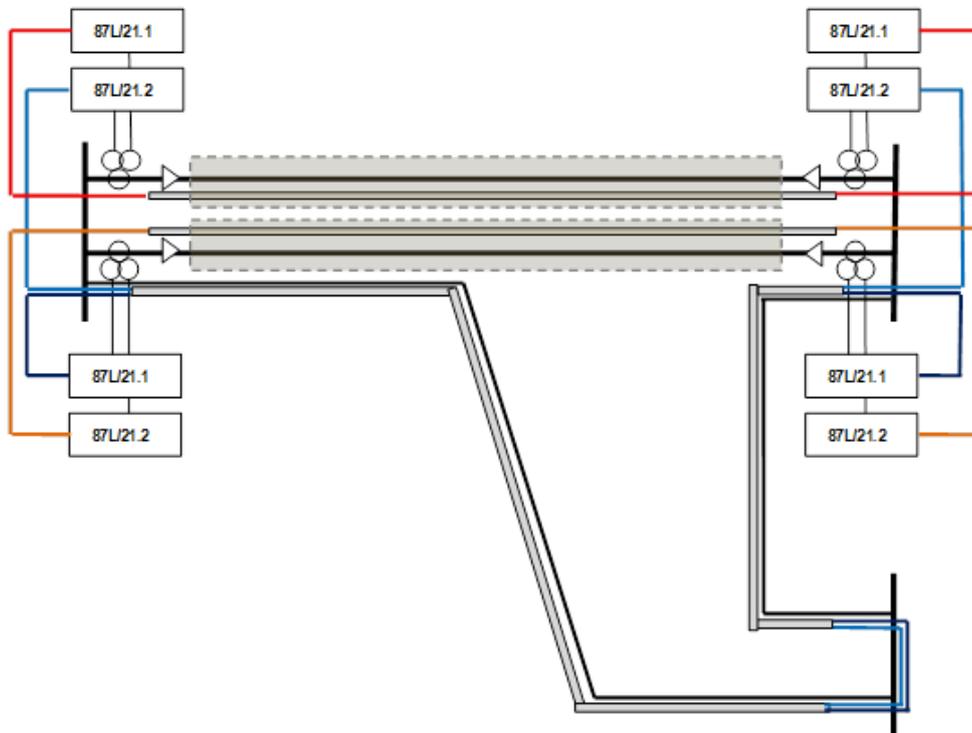


Fig. A9 Doppia terna in cavo in doppia trincea - Cavi ottici su percorsi geograficamente indipendenti

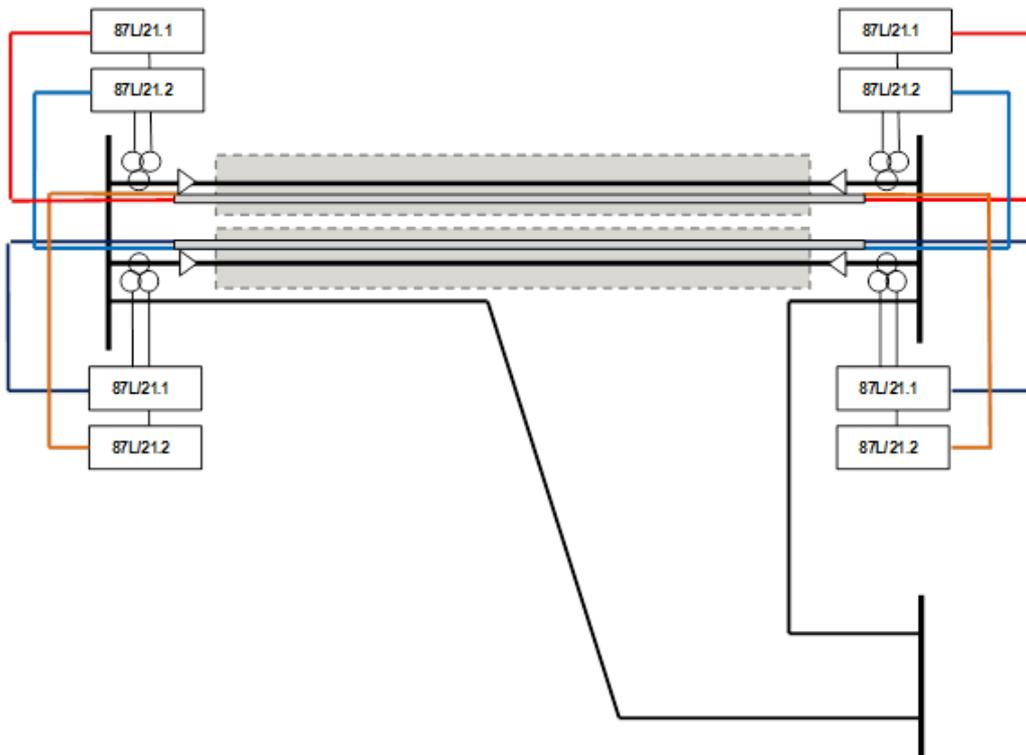


Fig. A10 Doppia terna in cavo in doppia trincea - Cavi ottici posti in trincee diverse