



## L'intelligenza al servizio della rete MT: un esempio concreto di sistema di controllo

Davide Demicheli,  
Energy Automation Engineering  
[d.demicheli@selta.it](mailto:d.demicheli@selta.it)

Caterina Basso,  
Marketing Communications  
[c.basso@selta.it](mailto:c.basso@selta.it)

## Introduzione

Il modo di produrre energia e di consumarla sta profondamente cambiando per l'evidente necessità di passare ad una gestione molto più attenta all'ambiente. In Europa è stato il **pacchetto Clima-Energia 20-20-20** ad imporre definitivamente questa transizione attraverso nuove tecnologie e nuovi modelli economici in tema di gestione dell'energia. La transizione dovrebbe portare entro il 2020 ad una riduzione del 20% delle emissioni di gas ad effetto serra, un risparmio del 20% dell'energia utilizzata ed infine l'utilizzo almeno del 20% di fonti di energia di tipo rinnovabile. Sul fronte tecnologico sono state le **Smart Grid** a diventare uno dei protagonisti assoluti per facilitare il raggiungimento di questi obiettivi. Con il termine Smart Grid si fa riferimento ad un Sistema Elettrico integrato dove tutte le azioni degli utenti connessi alla rete sono coordinate al fine di permettere una fruizione efficiente, sostenibile e sicura dell'energia elettrica.



\* Fonte dati: Terna e GSE

## Il mercato delle rinnovabili

In questa fase di evoluzione e partendo dagli obiettivi fissati dalla Comunità Europea, anche l'Italia ha fatto la sua parte attivando, già da qualche anno, una legislazione incentivante per quanto riguarda l'installazione di impianti di tipo eolico e fotovoltaico, che sono quindi andati ad aggiungersi a quelli già diffusi nel Paese, come l'idroelettrico ed il geotermico. Ecco perché nel corso degli ultimi anni in Italia si è registrato un incremento netto della produzione legata ai nuovi impianti, prevalentemente solare ed eolico. A fine 2012, secondo i dati rilevati da Terna e GSE (Gestore Servizi Energetici), la potenza generata da fonti eoliche era pari a 8 GW mentre quella derivante dal fotovoltaico era di 16,6 GW: una vera e propria impennata dell'energia rinnovabile complessiva negli ultimi tre anni che è passata dal 9,3 GW del 2010 fino ai 24,6 GW del 2012. Questa evoluzione del panorama energetico italiano ha avuto ed avrà un impatto importante dal punto di vista della generazione e dei consumi. Il nostro Paese è sempre stato molto vincolato agli Stati vicini per l'importazione di energia. Secondo IEA (International Energy Agency ) l'Italia nel 2009 importava l'85% del fabbisogno contro una media europea del 53%. Nel 2010 la percentuale, secondo GSE, è scesa al 13%, che la svincola in buona parte dalle importazioni estere.

### Impianti a fonti rinnovabili in Italia

Potenza Efficiente Lorda (MW)	2008	2009	2010	2011	2012
Idraulica	17.623	17.721	17.876	18.092	18.232
Eolica	3.538	4.898	5.814	6.936	8.119
Solare	432	1.144	3.470	12.773	16.420
Geotermica	711	737	772	772	772
Bioenergie <sup>1</sup>	1.555	2.019	2.352	2.825	3.802
<b>Totale FER</b>	<b>23.859</b>	<b>26.519</b>	<b>30.284</b>	<b>41.399</b>	<b>47.345</b>

Produzione Lorda (GWh)	2008	2009	2010	2011	2012
Idraulica	41.623	49.137	51.117	45.823	41.875
Eolica	4.861	6.543	9.126	9.856	13.407
Solare	193	676	1.906	10.796	18.862
Geotermica	5.520	5.342	5.376	5.654	5.592
Bioenergie <sup>1</sup>	5.966	7.557	9.440	10.832	12.487
<b>Totale FER</b>	<b>58.164</b>	<b>69.255</b>	<b>76.964</b>	<b>82.961</b>	<b>92.222</b>

Consumo Interno Lordo CIL <sup>2</sup> (GWh)	353.560	333.296	342.933	346.368	340.400
FER/CIL %	16,5	20,8	22,4	24,0	27,1

Fonte dati: GSE

<sup>1</sup> Bioenergie: Biomasse Solide, Biogas e Bioliquidi

<sup>2</sup> Consumo Interno Lordo (CIL)= Produzione lorda + Saldo Estero - Produzione da pompaggi.

## Generazione Diffusa e Smart Grid

L'aumento di impianti di generazione rinnovabili collegati alla rete elettrica, introduce nuove problematiche che dipendono in larga misura dall'intermittenza e dalla non prevedibilità delle fonti stesse, fortemente condizionate dalla situazione meteorologica. Proprio queste caratteristiche e la capillarità della loro diffusione, caratterizzano le fonti rinnovabili collegate alla rete elettrica, dando vita alla cosiddetta Generazione Diffusa (GD). Integrare la GD nell'ambito delle rete stessa è la sfida che le tecnologie da un lato e gli attori che regolano la distribuzione dall'altro si sono posti con la realizzazione delle Smart Grid. Questo significa integrare impianti con caratteristiche poco predittive in un sistema come quello della rete elettrica caratterizzato da una forte interconnessione, da vincoli di bilanciamento ed equilibrio tra produzione ed assorbimento, oltre che dai parametri di sicurezza. Gli operatori si trovano ad affrontare problematiche particolari, per questo motivo è necessario che le reti assumano sempre più intelligenza diventando reti di tipo "Smart".

Esistono delle differenze sostanziali su cui occorre concentrarsi tra la rete tradizionale e la Smart Grid. La rete legacy è innanzitutto una rete di tipo passivo il cui controllo è centralizzato, con una capacità di interazione tra centri di controllo e nodi periferici limitata. Inoltre i flussi di energia sono sempre monodirezionali e di conseguenza il funzionamento dell'intero sistema elettrico, domanda – produzione, è piuttosto rigido. L'integrazione di fonti di Generazione Diffusa trasformano invece la tradizionale infrastruttura in una rete attiva in cui una certa percentuale di energia generata dalle fonti diffuse necessita di essere iniettata nella rete - Media Tensione (MT) prima, Alta Tensione (AT) in seguito, in quanto più abbondante della richiesta dell'utente attivo stesso. Sono queste le caratteristiche che rendono la rete attiva: i flussi di energia sono bidirezionali, il controllo non è più centralizzato ma distribuito, è necessario che carichi, generazione distribuita e sistemi di accumulo interagiscano quando necessario. Infine cambia il modello di contrattazione fra operatore ed utente, visto che quest'ultimo assume un ruolo attivo di produttore-consumatore.

La Smart Grid per essere tale, ovvero dotata di intelligenza adeguata agli obiettivi di gestione di una rete attiva, è caratterizzata da alcuni elementi fondamentali che sono: la capacità di comunicare in tempo reale grandi volumi di dati (sistemi di comunicazione avanzati IP), di supervisionare la rete secondo parametri evoluti come la regolazione di tensione e capacità di self-healing (sistemi di supervisione), di fornire energia elettrica in modo costante ed affidabile (sistemi di automazione, monitoraggio e controllo).

## Benefici della Smart Grid

L'utilizzo di tecnologie che consentono di implementare logiche di Smart Grid rappresenta un enorme vantaggio per tutti gli attori coinvolti, dagli operatori che dispongono di una rete più affidabile e sono in grado di fornire un servizio di migliore qualità, fino ai clienti che possono assumere un ruolo sempre più attivo (per questo motivo oggi l'utente viene definito prosumer, ovvero producer/consumer).

I vantaggi principali riguardano una comunicazione efficace verso la Generazione Distribuita, considerando quindi tutti gli elementi sia attivi sia passivi della rete, oltre che la gestione dei problemi ad essa collegati: il controllo delle isole indesiderate e desiderate attraverso la protezione, la supervisione e la diagnostica delle reti di media e bassa tensione; la possibilità di isolare la sezione guasta utilizzando algoritmi di selettività logica e ricerca del tronco guasto; il controllo del flusso di energia e la regolazione di tensione lungo linea; il miglioramento della capacità di hosting senza impatto sulla stabilità della rete.

## Il caso A.S.SE.M.: un progetto pilota per il controllo e la gestione degli impianti a Generazione Diffusa

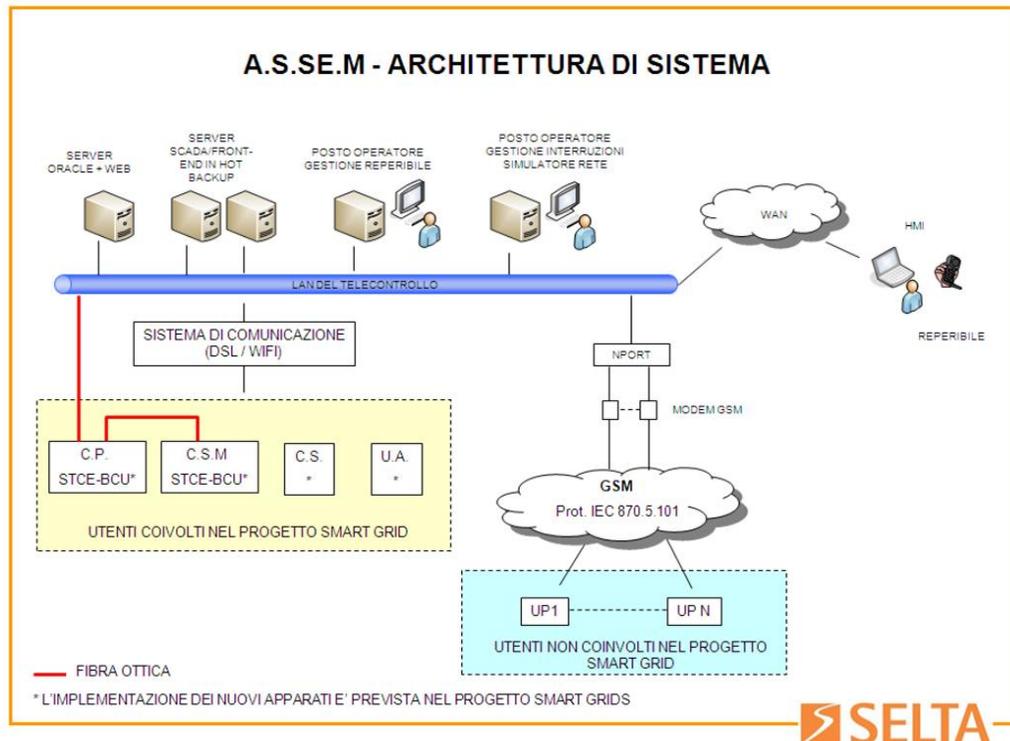
L'Azienda San Severino Marche Spa ha un'antica tradizione elettrica. Nasce, infatti, nel 1919 per decisione del Comune, con l'obiettivo di provvedere alla produzione e distribuzione di energia destinata sia ad usi privati sia per l'illuminazione pubblica. Negli anni '90 l'azienda ex municipalizzata ha assunto anche i servizi di acquedotto e depurazione delle acque, cui si sono aggiunti poco dopo quelli di distribuzione e vendita del gas metano. Nel complesso delle attività, l'azienda gestisce 25 mila clienti, dei quali 8500 per i soli servizi elettrici su una superficie di 190 Km<sup>2</sup>. Dal 2009 l'azienda opera con due distinte realtà, una (Patrimonio Srl) detentrica delle infrastrutture di rete, degli immobili e titolare della produzione elettrica, l'altra (A.S.SE.M. Spa) responsabile della gestione dei servizi verso il pubblico, quindi controllo dei servizi gas, elettrici e ciclo idrico integrato. Si tratta di gestire un numero elevato di impianti fotovoltaici e idroelettrici che concorrono a creare le condizioni per implementare una Smart Grid. Per questo motivo A.S.SE.M. ha deciso di varare uno degli otto progetti pilota (di delibera AEEG 39/10) ammessi all'incentivazione statale in base alla delibera 12/11 dell'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas).

Nel progetto A.S.SE.M. rientrano ben 7 utenti attivi dei quali 2 sono impianti idroelettrici (1000 e 360 kW) e 5 sono di tipo fotovoltaico (3600, 2360, 2000, 1700 e 9 kW) su cui applicare il paradigma "Smart". Nel complesso della rete vi sono 8500 utenti BT (totale 35 MW), 40 quelli MT (totale 8MW) e una Cabina Primaria insieme ad una CSM (Cabina

Smistamento) che sovrintendono all'intera infrastruttura MT (20 kV) collegata all'AT di Terna con una singola linea.

Nello scenario attuale e considerando l'evoluzione futura, visto l'incremento di fonti di Generazione Diffusa, A.S.SE.M. ha riconosciuto la necessità far evolvere la propria rete impiegando sistemi di comunicazione e controllo in grado di trasferire dalla Cabina Primaria (CP) opportuni segnali ai singoli Generatori Diffusi (GD) così da consentirne una reale integrazione nella rete di distribuzione.

Implementare un canale di comunicazione tra la CP e i singoli GD consente ad A.S.SE.M. di interagire con gli impianti e di coordinare la regolazione di tensione della CP in funzione dell'apporto della GD: attraverso un algoritmo presente in CP sarà possibile richiedere o meno iniezione di reattivo da parte dei GD e quindi mantenere sulla rete MT valori di tensione tollerabili (media dei valori efficaci non superiori al 110% su 10 minuti).



Architettura della soluzione per A.S.SE.M.

Precisamente A.S.SE.M. si è data i seguenti obiettivi:

- incremento dell'affidabilità del Sistema di Protezione Interfaccia (SPI) mediante telescatto con logica fail-safe
- gestione dei guasti con selettività logica tra CP e CSM con logica fail-safe
- telecomando IMS (Interruttore Manovra Selezionatore) lungo linea

- regolazione innovativa della tensione MT
- limitazione / modulazione in emergenza della potenza attiva
- monitoraggio / controllo delle iniezioni da GD verso TSO
- comunicazione mediante rete in fibra ottica, Internet pubblica e Wi-Fi
- sviluppo della rete per renderla idonea a gestire la GD ad oggi presente (attuale inversione di flusso di linea superiore al 30% dell'anno)
- accettazione della totalità delle richieste di connessione pervenute per impianti di GD ( $\cong 13,5$  MW)
- incremento della QoS

## Intelligenza nella Cabina Primaria

Uno degli elementi principali della rete di A.S.SE.M. è la Cabina Primaria Colotto che sovrintende alla totalità della rete MT dell'azienda, che opera a 20 kV e, a sua volta, è connessa alla rete AT di Terna tramite una singola linea a 132 kV nominali.

La soluzione realizzata da Selta deve garantire l'efficace gestione delle protezioni, degli isolamenti della rete (per evitare indesiderati fenomeni di funzionamento in parallelo) e il rispetto di una serie di parametri qualitativi. Tra questi: il numero delle interruzioni per cliente (con preavviso, senza preavviso, brevi, prolungate, transitorie), la durata complessiva delle stesse (con e senza preavviso), oltre ad una serie di parametri standard di qualità della tensione in ogni nodo della rete - tra il 90 e 110% della tensione nominale per almeno il 95% del tempo, per le variazioni lente, e altri valori (4-6% di scostamento max) per le variazioni rapide. Tutti questi valori, già previsti nella condizione operativa precedente e dettagliati nella specifica tecnica di progetto, devono essere mantenuti anche nel fase pilota.



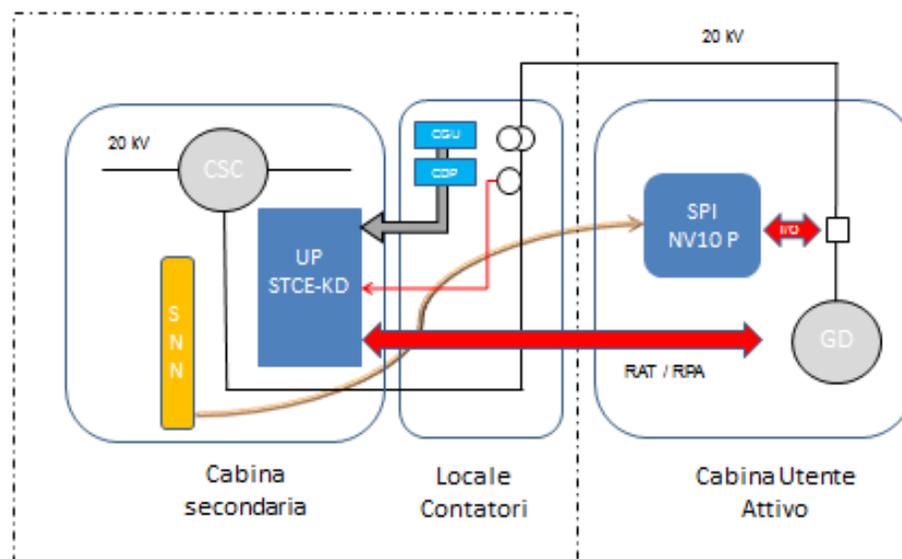
La Cabina Primaria A.S.SE.M.

E' previsto quindi un sistema di monitoraggio, controllo, regolazione e protezione della Cabina

Primaria, del Satellite e dei siti di Generazione Diffusa collegati. La soluzione soddisfa così gli obiettivi iniziali: capacità di accogliere nuovi siti di Generazione Diffusa, aumento dell'affidabilità del sistema e di assicurarne la stabilità, che si riflette a sua volta sulla bontà del profilo di tensione. Viene anche stabilito un efficace scambio di informazioni / segnali con la rete AT di Terna per una migliorata capacità di controllo della rete da parte del TSO (Terna).

Il sistema opera ai diversi livelli, dalla Cabina Primaria alle Cabine Secondarie di distribuzione, di Smistamento e dei dispositivi degli utenti attivi. Le funzionalità suddivise presso i vari siti possono essere così descritte:

- cabina primaria: funzioni di protezione (SPL, Sistema Protezione Linea), regolazione (RAT, Regolatore Automatico Tensione), monitoraggio (BCU, Bay Control Unit), comunicazione e telescatto. I dati sono raccolti nell'ambito di un sistema SCADA.
- cabina di smistamento: apparati di protezione con funzione di selettività logica del guasto (SPL), diagnostica dell'assenza di comunicazione e telescatto.
- utenti attivi: apparati di monitoraggio, telescatto, regolazione tensione, modulazione potenza attiva e comunicazione.
- cabine secondarie: Interruttore Manovra Sezionatore (IMS) con relative unità terminali del telecontrollo connesse con Cabina Primaria (RTU – Remote Terminal Unit che integrano anche funzioni PLC).



Architettura della gestione degli utenti attivi nelle Smart Grids

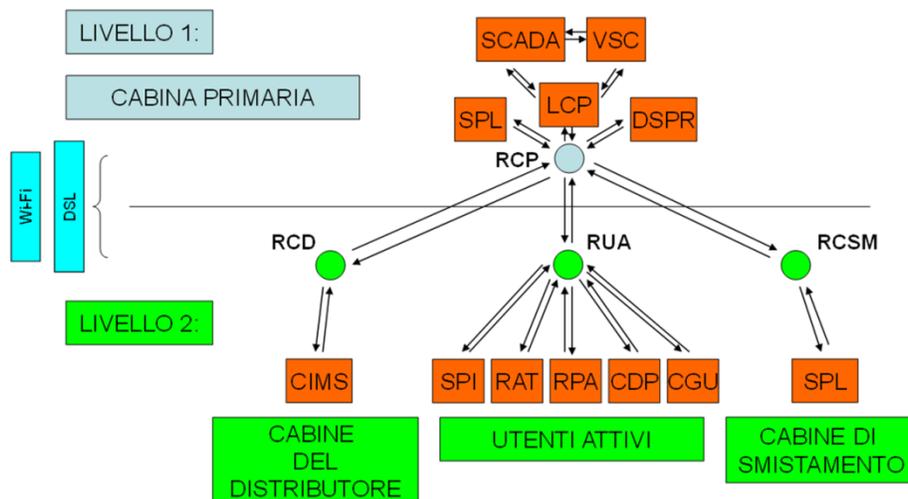
## Monitoraggio, controllo e regolazione di cabine e impianti

Con questo sistema di monitoraggio, controllo, regolazione e protezione della Cabina Primaria Colotto, del suo satellite Contro (Cabina Smistamento) e di tutti gli impianti ad esso sottesi, si ottengono altri importanti obiettivi:

- ✓ implementare una rete di comunicazione in grado di far dialogare efficacemente e in modo affidabile le diverse entità della rete: dal centro di supervisione, alla cabina primaria, agli utenti attivi (generatori diffusi), alle cabine secondarie;
- ✓ implementare un sistema di acquisizione (SCADA) e visualizzazione (HMI) dei dati di impianto in modo da mettere a disposizione dell'operatore tutte le informazioni necessarie per gestire al meglio la rete elettrica;
- ✓ utilizzare algoritmi particolarmente sofisticati (sviluppati dal Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano) capaci di intervenire sugli utenti attivi per regolare le sopraelevazioni di tensione che i GD determinano nel punto di connessione alla rete e provvedere alla loro limitazione/disconnessione al manifestarsi di situazioni critiche per la rete;
- ✓ inviare dei comandi di telescatto alle protezioni dei GD a seguito dell'intervento delle protezioni di linea e/o dei trasformatori AT/MT. Vengono utilizzate protezioni innovative in grado di gestire la dinamica delle soglie di intervento e acquisire multicast di telescatto con le modalità prescritte dal protocollo IEC 61850;
- ✓ implementare una gestione innovativa dei guasti basata su selettività logica al fine di isolare le porzioni di rete affette da guasti prima che l'intervento delle protezioni in testa alla linea causino la messa fuori servizio di tutte le utenze presenti sulla linea stessa;
- ✓ monitorare costantemente la rete e prevenire situazioni di instabilità che possono compromettere la continuità del servizio;
- ✓ registrare la qualità del servizio di distribuzione e misura dell'energia offerta da A.S.SE.M. conformemente a quanto previsto dall'Autority (nel periodo 2012—2015);
- ✓ rendere possibile l'interfacciamento con Terna fornendo i dati differenziati di GD e carico, permettendo, in futuro, a Terna di intervenire direttamente sulla regolazione dei GD per un miglior controllo della rete di trasmissione nazionale.

In Cabina Primaria il cuore del sistema è rappresentato dall'LCP (Logica Cabina Primaria), basato su workstation industriali ridondate e dotate di software di interfaccia uomo – macchina (HMI) che interagisce con il sistema SCADA e pubblica i dati per il controllo di A.S.SE.M., svolgendo i compiti-chiave di monitoraggio e regolazione verso il “campo”, costituito a sua volta da protezioni di linea ed altri apparati di controllo degli impianti di generazione diffusa. Lo SCADA Selta, basato su database Oracle, possiede funzionalità avanzate che sono state realizzate in collaborazione con il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano. Si tratta di algoritmi complessi che permettono la regolazione di tensione e la limitazione / modulazione della potenza attiva. Questi algoritmi inseriti nei processi computazionali del Data Management System SCADA garantiscono livelli ottimali di tensione in Cabina Primaria e lungo la rete MT. Le esigenze di comunicazione sono state risolte adottando una rete IP, con apparati (router/switch) in grado di ottimizzare costi, affidabilità e velocità di risposta. A tale riguardo, pur mantenendo la massima apertura agli standard, Selta ha sviluppato una linea di router/switch in grado di ottimizzare il funzionamento in campo, con bassi valori di latenza e interfacciabili con diverse tipologie di rete: wireless, wired e fibra ottica. Oltre alla Cabina Primaria, tutti gli elementi della rete, dagli utenti attivi alle cabine del distributore e di smistamento, sono dotati di un proprio router.

### L'architettura di comunicazione è sviluppata su due livelli



Schema di principio (fonte relazione tecnica A.S.SE.M.)

L'architettura della rete permette di gestire messaggi broadcast e la comunicazione tra i singoli “client” definiti dall'indirizzo IP. Si crea in tal modo una VPN (Virtual Private Network) con connessioni a Livello 2 / 3 (data link / internetworking) in cui il router “master” della Cabina Primaria (RCP) gestisce le priorità nella messaggistica, secondo policy predefinite che assegnano la precedenza, e quindi i valori di latenza più bassi, alle funzioni di selettività logica e a quelle di telescatto.

## Sicurezza della rete di comunicazione

Allo scopo di ottenere una rete di comunicazione adeguata A.S.SE.M. si è affidata allo studio del territorio di San Severino Marche realizzata dal Politecnico di Milano. In questo modo è stato possibile progettare la soluzione tenendo conto della migliore connettività e disponibilità di banda. La soluzione è stata basata su una VPN (Virtual Private Network) che consente lo scambio di dati tra i vari apparati in impianto (cabine secondarie, utenti attivi, cabine lungo linea) e la logica di cabina primaria come detto sopra. La rete sfrutta tre tipi di connessioni: la fibra ottica (Cabina Colotto, Cabina Contro e Linea MT Cannucciario); il ponte radio Wi-Fi per la connessione di quattro siti; la rete 3G/HSDPA dell'operatore per raggiungere i restanti siti. L'infrastruttura di rete garantisce l'utilizzo del protocollo IEC 61850 con tutte le sue peculiarità. Nell'ambito della VPN di A.S.SE.M. esiste un continuo scambio di informazioni, dai valori real-time ai cambiamenti di stato fino ai comandi.

## Applicazione del concetto di isola indesiderata

In un impianto di tipo tradizionale solitamente vengono impiegate chiusure automatiche che permettono di richiudere un interruttore sulla linea MT dopo che è stato segnalato un guasto, con una latenza tipica che va dai 400 msec ai 70 – 180 secondi, in funzione della tipologia di guasto e della modalità di trattamento. In tal caso, le utenze vengono rialimentate se sono soggette ad un'interruzione transitoria dopo il tempo di attesa della richiusura del circuito. Nel caso della rete attiva occorre invece evitare che, quando viene richiuso l'interruttore, siano connessi dei generatori, poiché questa condizione porterebbe ad un funzionamento parallelo potenzialmente pericoloso per la corretta funzionalità degli apparati, soprattutto nel caso di macchine rotanti.

Un tipico problema è quello dell'alimentazione distribuita di parti della rete dopo la loro disconnessione dal resto della rete (la cosiddetta 'isola indesiderata'). L'isola indesiderata è un rischio da evitare così come occorre evitare che la chiusura di una sezione di rete MT avvenga mentre i generatori continuano a produrre energia destinata proprio al medesimo tratto della rete soggetta a guasto. Rispetto ai sistemi convenzionalmente utilizzati, che misurano in sede esclusivamente locale valori e soglie di massima e minima tensione e frequenza, occorrono algoritmi più sofisticati che sappiano interpretare correttamente la portata di un guasto, operando con selettività nei distacchi al fine di evitare l'isola indesiderata. In altre parole, occorrono degli efficaci sistemi che, uniti agli strumenti di protezione, garantiscano il colloquio tra la cabina primaria (sede delle funzioni di protezione e degli algoritmi di funzionamento della rete di SCADA) e gli elementi della generazione distribuita, assicurando comportamenti selettivi appropriati. In particolare, nello specifico di A.S.SE.M., l'operazione da effettuare è inviare il segnale di Telescatto alla GD della sezione guasta, individuando, nel contempo, il tratto di rete minimo da escludere tramite logica di selettività. E' evidente come il deployment di apparati che operano secondo le funzioni suddette permetta di affinare la

ricerca aumentando in modo significativo continuità ed affidabilità sia per l'utente BT che per il produttore MT.

## Valutazioni finali e replicabilità

Al termine dell'implementazione della soluzione, A.S.SE.M. ne valuterà la bontà rispetto agli obiettivi iniziali, attraverso la misurazione di specifici KPI, in particolare:

- confronto degli indicatori di qualità del servizio (continuità espressa in valori di fuori servizio e tensione in termini di mancato rispetto del range previsto);
- grado di coinvolgimento degli utenti attivi;
- qualità / efficienza dei sistemi di comunicazione impiegati (reti IP, connessioni DSL / Wireless);
- efficienza energetica della distribuzione grazie anche alla riduzione delle distanze tra luogo di produzione e luogo di utilizzo;
- riduzione del carico della rete con migliore sincronizzazione tra prelievi ed immissioni, riducendo la necessità di maggiori investimenti sull'infrastruttura;
- dispacciamento locale, coordinato con il dispacciamento proveniente da Terna, per una maggiore efficienza della gestione energetica;
- riduzione delle emissioni di CO<sup>2</sup>.

E' previsto che questa fase di valutazione duri alcuni mesi; dal punto di vista di A.S.SE.M./PoliMi e di Selta si tratta di avere una conferma di quanto analizzato e progettato in fase iniziale. Sicuramente, viste le caratteristiche dell'operatore e le conseguenti condizioni per la realizzazione della Smart Grid, la soluzione è replicabile in altri scenari.

### Per maggiori informazioni:

Headquarters  
SELTA S.p.A.  
Via Emilia, 231  
29010 Cadeo – Piacenza  
Tel. +39 0523 50161  
Fax +39 0523 5016333

[www.selta.com](http://www.selta.com)