

Corso di Laurea Magistrale di Ingegneria Elettrica

Automazione e comunicazione

nei sistemi industriali

AA 2014-15

Sistemi elettrici e Smart Grid

Francesco Benzi

**Versione in fase di revisione e sistemazione.
Non pubblicare o diffondere senza questo avviso.**

Benzi - Programma delle lezioni

- 1 Smart Grid – Introduzione, definizione, architetture**
- 2-5 Protocolli per l'infrastruttura di comunicazione**
- 6-9 Smart Metering: componenti e strutture**
- 10 Attuatori per la Smart Grid: FACTS (Montagna)**
- 11-12 Smart Grid e Internet of Things (IOT)**

SMART GRID E GENERAZIONE DISTRIBUITA

La ***generazione distribuita*** implica una serie di esigenze di controllo aggiuntive per la rete in prossimità dei nodi di allacciamento.

- **Aumento delle correnti di c.to circuito** e conseguenze sul dimensionamento delle protezioni
- **Limiti sulla potenza di transito**, dovuti all'aumento di corrente in relazione ai limiti termici
- **Variazioni di tensione** rapide o lente dovute all'inserzione di generatori (oltre che di motori asincroni): devono essere limitate (110%)

SMART GRID E GENERAZIONE DISTRIBUITA

- **Inversione del flusso** che richiede inserimento di protezioni nelle cabine AT/MT
- **Islanding**: l'apertura dell'interruttore di Cabina Primaria dovuto all'inversione del flusso può isolare una porzione di rete dal resto della rete, facendo venire meno le garanzie e i parametri di rete per gli utenti collegati alla porzione isolata

SMART GRID E GENERAZIONE DISTRIBUITA

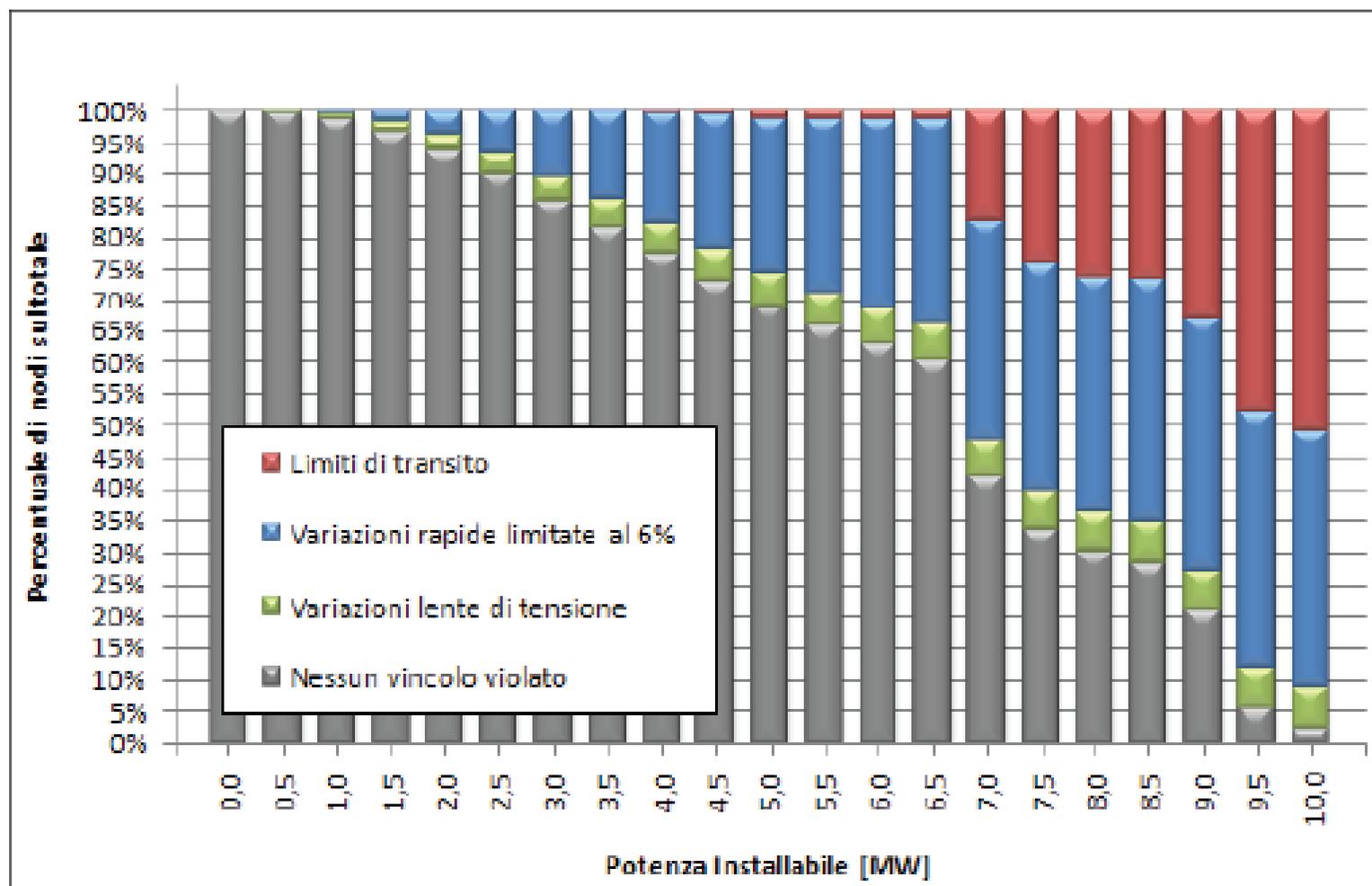
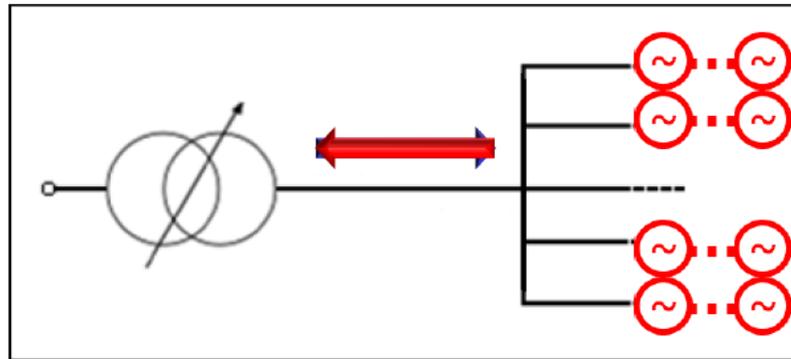


Figura 8.3. Istogramma cumulato della percentuale di nodi con GD installabile pari al valore indicato in ascissa: dettaglio dei vincoli nodali più stringenti, assumendo come limite di variazione rapida di tensione il 6% del valore nominale.

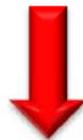
Inversione di flusso: criticità legate alle protezioni

Inversione di flusso: la potenza attiva fluisce dalla rete MT verso la rete AT.



Criticità legate alle **protezioni** e all'**automazione di rete** hanno **crescente incidenza** sulle reti (e sulle linee) in cui il flusso di potenza, per almeno una data percentuale delle ore annue di funzionamento, **si inverte**.

- A livello di interfaccia AT/MT (CP):



possibile degrado delle prestazioni per gli utenti sottesi all'intera CP.

- A livello di singola linea MT:



possibile degrado delle prestazioni per gli utenti sottesi alla specifica linea MT.

Richiusure automatiche, Islanding

La **richiusura rapida** è un automatismo in grado di richiudere l'interruttore in testa alla linea (CP) a seguito di un'apertura su guasto: migliora la qualità del servizio.

Richiusura: in presenza di GD, bisogna evitare che

- possa verificarsi un **parallelo in contofase** dei generatori ancora connessi;
- la GD connessa continui a **sostenere il guasto** (richiusura negativa);

Apertura definitiva: in presenza di GD, bisogna evitare che

uno o più impianti di produzione continuino ad alimentare una porzione della rete successivamente alla disconnessione della stessa porzione dal resto della rete, che rimane connessa al complessivo sistema elettrico (**isola indesiderata**).

GLI ELEMENTI DELLA SMART GRID

La Smart Grid, rete intelligente in quanto capace di individuare e risolvere alcuni dei problemi accennati, oltre che di ottimizzare la gestione della potenza elettrica, nasce grazie alla disponibilità di una serie di elementi in parte innovativi, in parte presenti in altri contesti industriali.

Infrastrutture hardware (superconduttori, trasmissione HVDC, tecnologia FACTS, flexible alternating current transmission systems)

Infrastruttura di comunicazione e software (dispositivi e protocolli di comunicazione digitale)

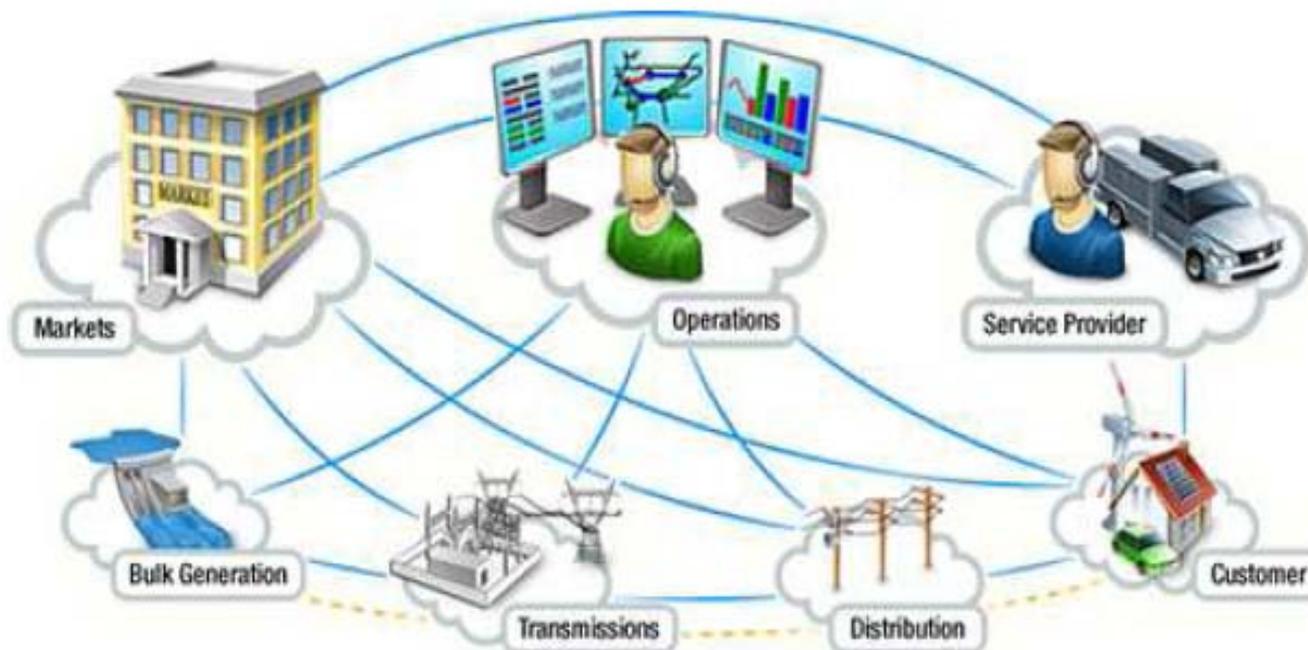
Componenti intelligenti per la misura digitale e il telecontrollo (Smart metering)

SMART GRID – SCHEMI E DEFINIZIONI (USA)

Modello NIST (National Institute of Standards and Technology) integrato da un sistema di protocolli di interoperabilità IEEE P2030

Obiettivi USA:

- Rafforzare le infrastrutture per evitare instabilità e blackout
- Controllo di rete



- Generazione energia (bulk generation);
- Trasmissione (transmission);
- Distribuzione (distribution);
- Clientela (customers);
- Operazioni (operations);
- Mercati (markets);
- Fornitori (service providers)

SMART GRID – SCHEMI E DEFINIZIONI (Europa)

European Energy Research Alliance (EERA)

- The objective of EERA joint program is to lower investments in electricity grid by introducing intermittent resources (wind, PV), load management by electric vehicles (EVs), grid stability, and power management.
- The balance between demand and supply will be obtained by considering market share production options e.g., PV, micro-combined heat and power (CHP), wind, and market share demand options e.g., heat pumps, intelligent appliances, and EVs.
- Smart grids are also required because the capacity of electricity grid varies throughout Europe as well as there are major differences between countries energy markets .
- EERA program will investigate the consequences of DG, new types of electric appliances and higher network loads on the grid stability and PQ such as increasing voltage fluctuations, reactive power shortage, frequency instability, and harmonics.

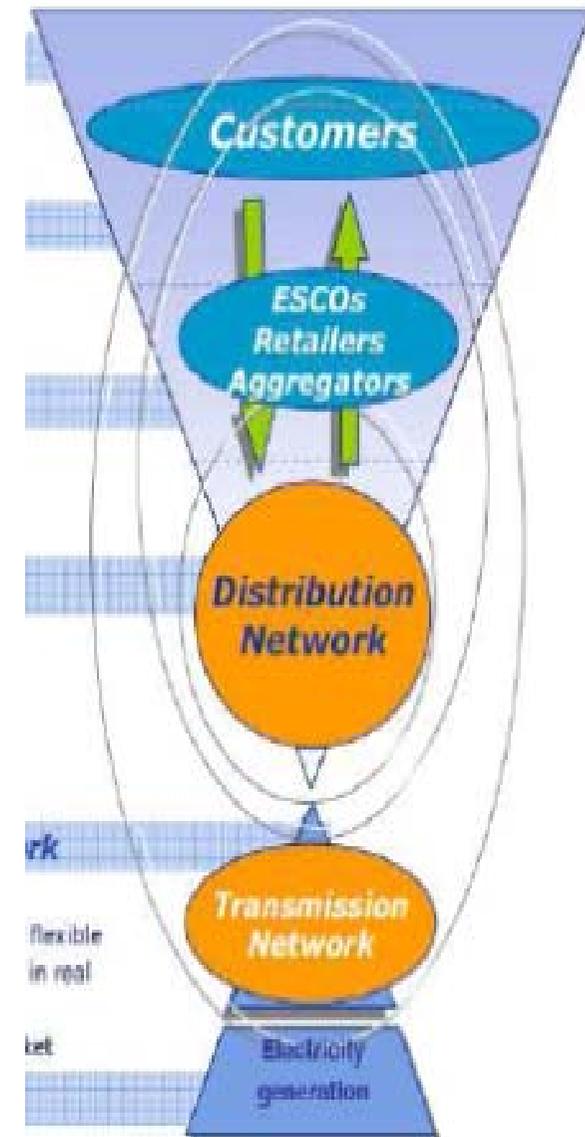
SMART GRID – SCHEMI E DEFINIZIONI (Europa)

Modello EERA (European Energy Research Alliance)

Obiettivi Europa:

- Obiettivi prefissati sulle fonti rinnovabili (20-20-20), con aspetti normativi e incentivi.
- Il ruolo delle Autorità. Focus su utenti finali e tematiche ambientali

Le Smart Grid (SG) sono reti elettriche in grado di integrare in modo intelligente il comportamento e le azioni di tutti i componenti connessi (produttori, consumatori e prod/cons), per assicurare un approvvigionamento sostenibile, economico, sicuro. **(Definizione Eurelectric).**



6 – SMART CUSTOMER

Significant demand-consumer participation, awareness of electricity consumption and related impacts, advanced monitoring and metering, high-efficiency equipment

5 – SMART ENERGY MANAGEMENT

A bridge between generation, transmission, distribution and end-users to efficiently manage energy consumptions

4 – SMART INTEGRATION OF DISTRIBUTED GENERATION

Conventional fuels and renewable sources distributed generation, electricity storage

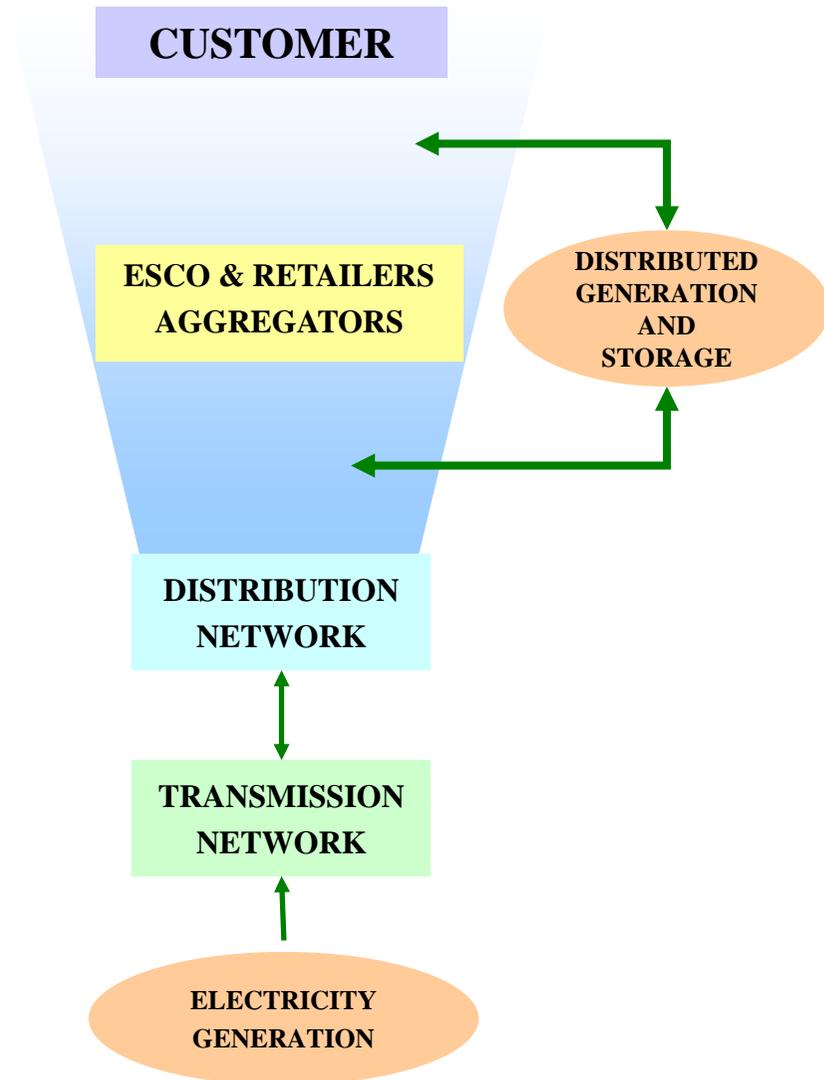
3 – SMART DISTRIBUTION NETWORK

More automated MV network with self healing capabilities. Monitored and controlled LV networks. IT supported monitoring

2 – SMART PAN – EUROPEAN TRANSMISSION NETWORK

Affordable technologies to make the transmission system more clever, flexible and interconnected. Support to develop a single European electricity market

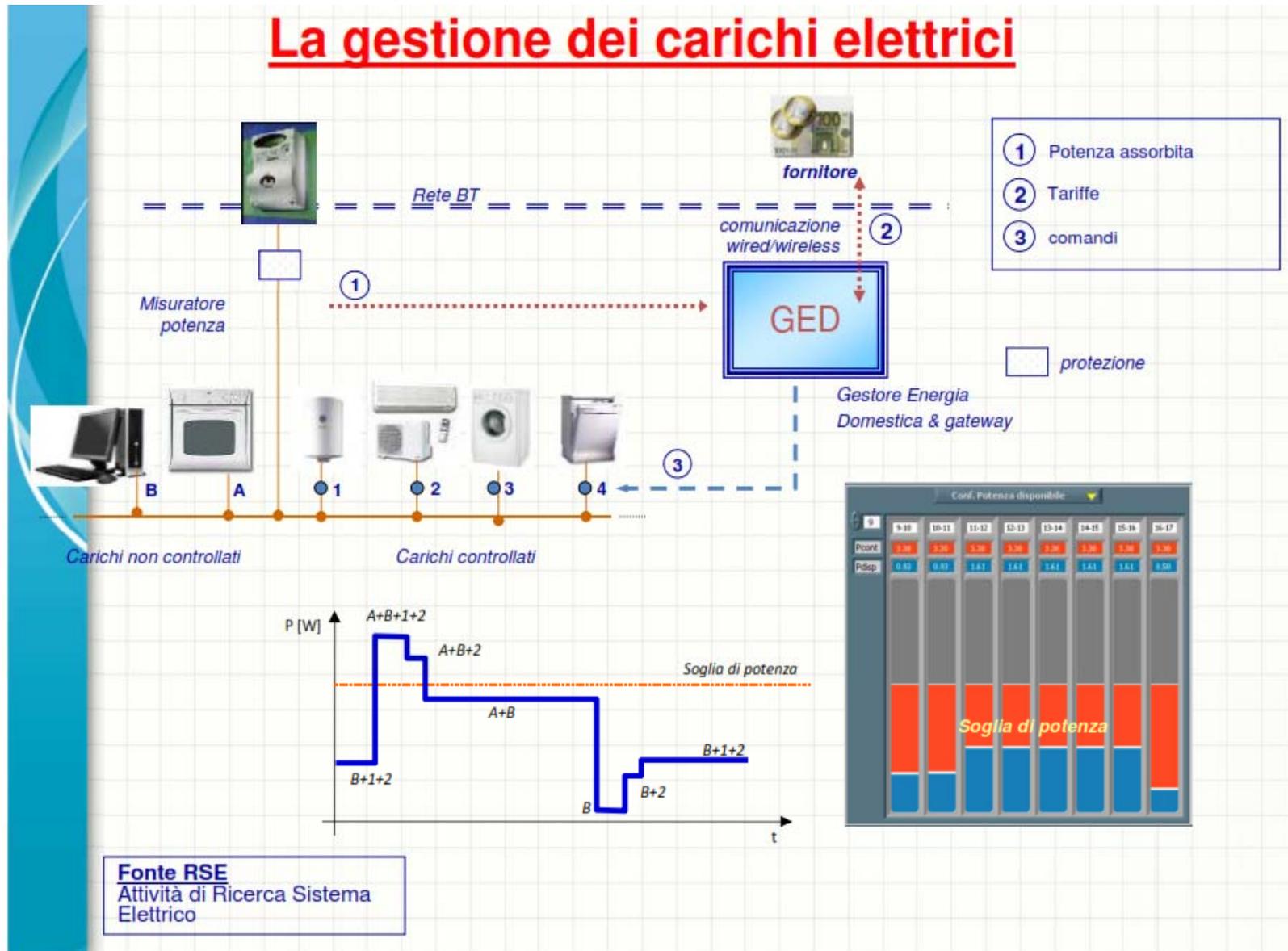
1 – NEW GENERATION TECHNOLOGIES



da: Petrecca; Energy and Smart Grid, Convegno Telecontrollo e Smart Grid, Università di Pavia, 15 giugno 2010

LA SMART GRID E I CARICHI ELETTRICI IN BASSA TENSIONE (UTENZE DOMESTICHE)

La gestione dei carichi elettrici



SMART GRID E SMART METERING

L'ottimizzazione delle prestazioni della rete nella sua globalità può ottenersi attraverso:

- Gestione flessibile e controllata delle sorgenti distribuite (MT/BT);
- Gestione dei carichi (BT) ed efficienza energetica;
- Politiche di Demand Response

In tutti i casi è essenziale il ruolo di un sistema di misura adeguato e intelligente: **SMART METERING**, all'interno di una struttura AMI (*Advanced Metering Infrastructure*)

- a vantaggio del produttore e del distributore
- a vantaggio dell'utente finale e della comunità

SMART METERING – Tematiche di rilievo

- **Standard tecnologici – Componenti di prima generazione e successive**
- **Standard di interfaccia e comunicazione**
- **Problemi di costi, investimenti, incentivi**
- **Problemi di sicurezza (privacy, accettazione)**

Internet-of-Things (IOT) e Smart Grid

