



Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Architetture e logiche di controllo ottimale di microreti per la
razionalizzazione energetica

Report 2
Applicazioni in reti di distribuzione

*E. Riva Sanseverino, M. G. Ippolito, M. L. Di Silvestre, G. Zizzo, Nguyen Ngoc Trung,
DAM Khanh-Linh, G. Graditi, I. Bertini*



Report RdS/2011/58

ARCHITETTURE E LOGICHE DI CONTROLLO OTTIMALE DI MICRORETI PER LA
RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA
REPORT 2 - APPLICAZIONI IN RETI DI DISTRIBUZIONE

G. Graditi, I. Bertini (ENEA)

E. Riva Sanseverino, M. G. Ippolito, M. L. Di Silvestre, G. Zizzo, Nguyen Ngoc Trung, DAM
Khanh-Linh (DIEET-Università di Palermo)

Settembre 2011

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia

Progetto: Studi e Valutazioni sull'Uso Razionale dell'Energia: Strumenti e tecnologie per
l'efficienza energetica nel settore dei servizi

Responsabile Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



DIEET - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA,
ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI

Università degli Studi di Palermo

Accordo di Programma MSE-ENEA

Area: “Razionalizzazione e risparmio nell’uso dell’energia elettrica”

Tema di ricerca: “Tecnologie di risparmio elettrico e nei settori collegati
industria e servizi”

Progetto 3.1: “Strumenti e tecnologie per l’efficienza energetica nel settore
dei servizi”

**Architetture e logiche di controllo ottimale di microreti
per la razionalizzazione energetica**

Report 2 – Applicazioni in reti di distribuzione

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni

Viale delle Scienze - Parco d'Orleans,

90128 - PALERMO

Cod. Fisc. 80023730825

INDICE DEI CONTENUTI

Premessa pag. 5

II. SECONDA FASE DELLE ATTIVITA'

II.1. Definizione delle formulazioni delle logiche di controllo ottimale per la razionalizzazione energetica di microreti..... pag. 6

II.1.1. La traduzione della logica controllo ottimale in un codice eseguibile da un sistema automatico

II.1.1.1. Livelli di controllo

II.1.1.2. Strumenti per la ottimizzazione

II.1.1.3. Definizione di algoritmi per l'ottimizzazione multi-obiettivo

II.1.2. Formulazione analitica dei problemi di ottimizzazione per le microreti

II.1.2.1. Variabili e parametri della ottimizzazione

II.1.2.2. Funzioni obiettivo e Vincoli

II.1.2.3. Scelta dell'algoritmo da utilizzare. Descrizione dell'NSGA-II

II.1.2.3. La razionalizzazione energetica delle reti a servizio dei distretti energetici

II.1.2.4. Incertezza

II.2 Implementazione dell'algoritmo scelto per la gestione ottimizzata del sistema di distribuzione..... pag. 18

II.3. Implementazione e validazione dei risultati..... pag. 21

II.3.1. Caratterizzazione della rete A

II.3.2. Studio di scenari per la razionalizzazione energetica della rete A

II.3.2.1. Dimensionamento dei sistemi di accumulo per l'area della Casaccia

II.3.3. Caratterizzazione della rete B

II.3.4. Studio di scenari per la razionalizzazione energetica della rete B

II.3.5. Tempi di calcolo ed analisi di robustezza dell'algoritmo

II.3.6. L'approccio percezione-pianificazione-azione per la gestione dell'incertezza

II.3.7. Validazione dei risultati con Neplan e con altri algoritmi di Load flow

II.3.8. Analisi costi benefici

II.4. Individuazione dei componenti più adeguati alla implementazione della strategia di gestione e controllo..... pag. 48

II.4.1. Architetture ed Apparati per il controllo;

II.4.2. Soluzione progettuale per il sistema di controllo e trasmissione dati per la rete A

II.4.3. Soluzione progettuale per il sistema di controllo e trasmissione dati per la rete B

II.5. Conclusioni..... pag. 53

Bibliografia pag 54

Premessa

Il presente Rapporto descrive, le attività svolte dal personale del DIEET dell'Università degli Studi Palermo nell'ambito della seconda fase delle attività di ricerca dal titolo: "*ARCHITETTURE E LOGICHE DI CONTROLLO OTTIMALE DI MICRORETI PER LA RAZIONALIZZAZIONE ENERGETICA*", oggetto dell'Accordo di Collaborazione tra ENEA e DIEET sottoscritto in data 24 febbraio 2011.

Il presente Rapporto riporta le implementazioni della logica di controllo con una particolare attenzione al software che sovrintende alla gestione energeticamente efficiente dei sistemi individuati. Le implementazioni sono sviluppate in un ambiente di programmazione ad oggetti con una grafica di interfaccia che consente di selezionare le diverse caratteristiche dell'esecuzione, con riferimento tanto agli obiettivi che si vogliono conseguire quanto alle condizioni vincolari.

Dopo una rassegna che riporta lo stato dell'arte più rilevante sull'argomento della gestione energeticamente efficiente delle microreti, sono rappresentati gli obiettivi che si vogliono conseguire e le variabili sulle quali si può intervenire. Successivamente, viene dato ampio spazio alla rappresentazione della tecnica di soluzione individuata. La scelta della metodologia di soluzione viene motivata e si tiene conto del problema della incertezza legato alla previsione tanto dei prelievi da parte degli utenti quanto delle grandezze metereologiche sull'orizzonte temporale considerato.

Bibliografia

- [1] M. Marciandi, D. Moneta, S. Grillo, A. Morini, F. Silvestro, Gestione ottimizzata della test facility di Generazione Distribuita: algoritmi e prove (2009) CESI ricerca
- [2] A. Prasai, A. Paquette, Y. Du, R. Harley, D. Divan, Minimizing emissions in microgrids while meeting reliability and power quality objectives (2010) The 2010 Intl. Power Electronics Conference, IEEE
- [3] Faisal A. Mohammed, Heikki N. Koivo, Online management of microgrid with battery storage using multiobjective optimization (2007) Powereng 2007, IEEE.
- [4] Ambros-Ingerson, J., and Steel, S. 1988. Integrating planning, execution and monitoring. In *Proceedings of the Seventh National Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, 83–88.
- [5] E. Riva Sanseverino, M. L. Di Silvestre, M. G. Ippolito, A. De Paola, G. Lo Re, An execution, monitoring and replanning approach for optimal energy management in microgrids; *Energy*, Vol. 36, Issue 5, Maggio 2011, pp. 3429-3436
- [6] Deb K. (2001) Multi-objective Optimization using Evolutionary Algorithms. John Wiley and Sons Ltd..
- [7] Deb K., Agrawal S., Pratap A., Meyarivan T. A. (2000) Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization: NSGA-II. In Springer (Ed.) *Parallel Problem Solving from Nature VI – Lecture Notes in Computer Science* (849-858) Paris, France.
- [8] A. Augugliaro, L. Dusonchet, S. Favuzza, M.G. Ippolito, and E. Riva Sanseverino, A New Model of PV Nodes in Distribution Networks Backward/Forward Analysis, *European Power and Energy Systems* (2004)
- [9] M. A. Abido, environmental/economic power dispatch using multiobjective evolutionary algorithms, *IEEE transactions on power systems* (2003)
- [10] Faisal A. Mohammed, Heikki N. Koivo System modeling and online management of microgrid using multiobjective optimization, *International Conference On Renewable Energies And Power Quality* (2007)
- [11] I. Bertini, V. Cosentino, S. Favuzza, G. Graditi, M.G. Ippolito, F. Massaro, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive. Report 1 – Caratterizzazione delle reti attuali e analisi di possibili scenari di sviluppo (2010)
- [12] I. Bertini, V. Cosentino, S. Favuzza, G. Graditi, M.G. Ippolito, F. Massaro, E. Riva Sanseverino, G. Zizzo, Studio di fattibilità e progettazione preliminare di dimostratori di reti elettriche di distribuzione per la transizione verso reti attive. Report II - Simulazioni e valutazioni di progetto per gli scenari selezionati (2010)
- [13] Chen S. X. , Gooi H. B., (2010) 'Sizing of Energy Storage Systems for Microgrid, *IEEE PMAPS 2010*, pp.6-11.
- [14] P. Mora, M. Marciandi, Struttura della rete di comunicazione della Test Facility di Generazione Distribuita, CESI Ricerca – Report Febbraio 2008
- [15] A. Bertani, C. Bossi, W. Prandoni, Test Facility per la sperimentazione di sistemi di Generazione Distribuita in reti BT, CESI Ricerca – ENERSIS 1-2 Aprile 2004
- [16] E. Riva Sanseverino, G. Pecoraro, A. Borghetti, M. Bosetti, M. Paolone, Optimal Operating Point Calculation for Medium Voltage Distribution Systems, in: H.B. PÜTTGEN, A. GERMOND, *Power Tech 2007 Proceedings CD, PISCATAWAY, IEEE, 2007*, pp. 1 - 7 (atti di: 2007 IEEE Lausanne Powertech, Lausanne, Switzerland, 1 - 5 July, 2007) [atti di convegno-relazione]
- [17] Gareth P. Harrison et al., Life cycle assessment of the transmission system in Great Britain, *Energy policy*, vol.38, issue 7, pp.3622-3631