

GIẢI PHÁP BẢO VỆ TÁCH LƯỚI CHO NGUỒN PHÂN TÁN TRONG LƯỚI ĐIỆN NHỎ THÔNG MINH

SOLUTION OF ISLANDING PROTECTION FOR DISTRIBUTED GENERATION IN SMART MICROGRID

Nguyễn Ngọc Trung, Phạm Mạnh Hải, Ngô Ngọc Thành, Đàm Khánh Linh

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 04/12/2018, Ngày chấp nhận đăng: 20/12/2018, Phản biện: TS. Nguyễn Đình Quang

Tóm tắt:

Với sự phát triển mạnh mẽ của lưới điện ngày càng “thông minh” hơn, các nguồn điện phân tán (DG) có thể tương tác với các lưới điện chính trong việc thực thi không chỉ các chức năng bảo vệ mà còn tham gia vào việc tự động hóa lưới điện. Cùng với sự đóng góp tích cực của DG vào sự ổn định, linh hoạt và độ tin cậy của lưới điện phân phối (LĐPP), chế độ vận hành tách lưới tạo nên một lưới điện nhỏ (microgrid) cũng là một trong những giải pháp cần được xem xét. Kết quả mô phỏng trên Matlab/Simulink chứng minh hiệu quả của giải pháp đề xuất.

Từ khóa:

Lưới điện phân phối, lưới điện thông minh, lưới điện nhỏ, nguồn điện phân tán, bảo vệ trạng thái tách đảo, điểm kết nối chung (PCC), tin nhắn dạng ngắn SMS.

Abstract:

In this epoch, the Research and Development activities in “smart grid” for power supply are strongly increasing, that makes the grid smarter and smarter. Distributed Generations (DG) can interact with main grids by implement not only to protect function but also to automatic these grids. The novel solution is proposed on the feasibility for the islanding protection which makes use of both protected relay based on local measurements and communication technique using SMS between the DG and the distribution network. DGs in this case distribute to the stability and flexibility, and also increase the reliability of the distribution grid. The islanding operation is considered a micro-grid. In this paper, the results that are simulated on Matlab/Simulink demonstrate the effect of the proposed method.

Keywords:

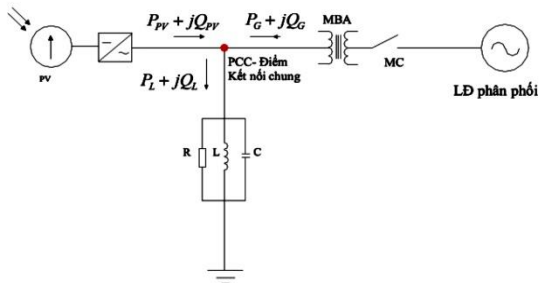
Distributed grid, smart grid, microgrid, distributed generation (DG), islanding protection, point of common coupling (PCC), Short text Message Service (SMS).

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trên quan điểm về triển vọng phát triển SmartGrid, các nguồn điện phân tán (DG)

có thể tương tác với các lưới điện chính trong việc thực thi không chỉ các chức năng bảo vệ mà còn tham gia vào việc tự

động hóa lưới điện. Cùng với sự đóng góp tích cực của DG vào sự ổn định, linh hoạt hơn và tăng độ tin cậy của lưới điện phân phối (LĐPP) [1-3].



Hình 1. Sơ đồ DG tích hợp vào LĐPP tại điểm kết nối chung (PCC)

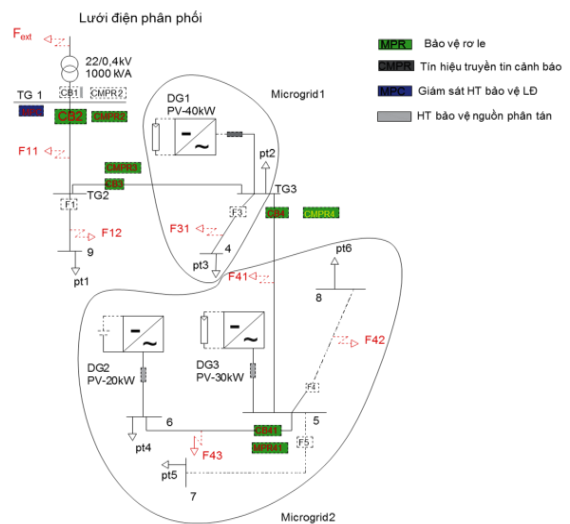
Bài báo này tập trung nghiên cứu tính khả thi của một giải pháp mới trong việc bảo vệ LĐPP khi tích hợp các DG, bằng cách kết hợp giữa phương pháp đo lường các đại lượng và truyền thông tin trạng thái tại PCC sử dụng dịch vụ nhắn tin dạng ngắn SMS. Hiệu quả của giải pháp đề xuất sẽ được thảo luận qua kết quả mô phỏng LĐPP trên phần mềm Matlab/Simulink.

2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

2.1. Trạng thái làm việc tách đảo trong lưới điện thông minh

Khi nguồn DG kết nối với lưới điện chính, thuật ngữ “tách đảo” (“islanding”) đề cập đến chế độ mà nguồn DG tiếp tục cung cấp điện cho một phần phụ tải cho dù không còn nguồn cấp điện từ LĐPP, có thể chế độ hoạt động độc lập này là không mong muốn do các tác động tiêu cực, do đó, việc phát hiện chế độ tách đảo là một trong những vấn đề quan trọng nhất trong lưới điện thông minh. Hiện nay, các công ty điện lực chưa thể giám

sát điều khiển từ xa tất cả nguồn DG có công suất nhỏ do thiếu phương pháp trao đổi thông tin được chuẩn hóa; chủ yếu là các nguồn pin sử dụng năng lượng mặt trời (PV) và nguồn điện gió (WT) được tích hợp rải rác trên lưới điện, có thể làm việc ở chế độ tách đảo với mô hình các microgrid.



Hình 2. Mô hình microgrid trong lưới điện thông minh sử dụng các giải pháp giám sát và điều khiển trung tâm

2.2. Một số tiêu chuẩn quốc tế để bảo vệ DG ở trạng thái tách đảo trong lưới điện thông minh

Hiện nay, có một số tiêu chuẩn quốc tế áp dụng phổ biến trên thế giới quy định về sự thay đổi điện áp tại PCC, tổng sóng hài điện áp và dòng điện cũng như thời gian tách đảo khi tích hợp DG vào LĐPP [4, 8]. Theo đó, chế độ làm việc của hệ thống điện được cho là ổn định và liên tục khi điện áp tại PCC trong khoảng (85-110)%, tổng độ méo sóng hài (THD) tại PCC phải nhỏ hơn 5%, quy định chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Tiêu chuẩn về thời gian ngắt kết nối khi điện áp thay đổi của DG trong lưới điện thông minh ($P \leq 30\text{kW}$)

IEEE 1547		IEC 61727	
Dải điện áp (%)	Thời gian cắt (s)	Dải điện áp (%)	Thời gian cắt (s)
$V < 50$	0,16	$V < 50$	0,10
$50 \leq V < 88$	2,00	$50 \leq V < 85$	2,00
$88 \leq V \leq 110$	Ổn định	$85 \leq V \leq 110$	Ổn định
$110 < V < 120$	1,00	$110 < V < 135$	2,00
$V \geq 120$	0,16	$V \geq 135$	0,05
$THD_{V_{PCC}} \leq 5\%$			

- Chỉ số V_{rms} được định nghĩa là giá trị bình phương trung bình (rms) của điện áp trong một khoảng thời gian [3, 7, 8].

$$V_{rms,t} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} V_{i-1}^2 \quad (1)$$

- Tổng độ méo hài của điện áp (hoặc dòng điện) tại thời điểm giám sát và giá trị trung bình trong một chu kỳ [3, 7, 8], có thể được xác định như sau:

$$THD_t = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \cdot 100 \quad (2)$$

$$THD_{avg,t} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} THD_{t-i} \quad (3)$$

Trong đó:

V_i là điện áp tức thời;

THD_t là tổng độ méo hài của điện áp (hoặc dòng điện) tại thời điểm t ;

$THD_{avg,t}$ là tổng độ méo hài trung bình trong một chu kỳ;

N là số mẫu của một chu kỳ thời gian;

h là thành phần hài;

t là thời gian giám sát.

2.3. Các phương pháp bảo vệ DG trong lưới điện nhỏ thông minh

Trên thực tế, một microgrid thông minh có thể vận hành thường xuyên ở hai trạng thái: cung cấp điện độc lập hoặc kết nối trực tiếp vào LĐPP. Nếu không sớm phát hiện được trạng thái tách đảo “chủ định” hoặc DG vẫn tiếp tục cung cấp điện lên LĐPP khi nguồn lưới điện chính đã cắt thì có thể gây nguy hiểm đến người làm việc trên lưới và các thiết bị điện, thậm chí có thể gây hư hỏng DG. Do đó, cần phải phát hiện nhanh trạng thái và thông số điện tại PCC để quyết định cắt DG hay tách đảo làm việc dưới dạng microgrid.

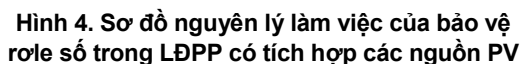
3. THUẬT TOÁN VÀ GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1. Thuật toán mới bảo vệ DG khi phát hiện trạng thái tách đảo trong microgrid

Hiện nay, để bảo vệ cho DG tích hợp vào LĐPP, có thể dựa trên việc sử dụng kết hợp các nguyên lý bảo vệ rơle số như quá dòng điện (50, 51N), chức năng giám sát tần số (81) và điện áp gồm thấp áp/quá áp (27/59N) [9]. Bên cạnh đó, với công nghệ thông tin và điện tử hiện đại, có thể sử dụng khả năng giao tiếp thông minh hơn theo phương pháp truyền tin hữu tuyến (PLC) hoặc cáp quang điện lực hay công nghệ viễn thông GMS để xác định trạng thái kết nối tại PCC [10-13]. Bài báo này trình bày một thuật toán mới, sử dụng kết hợp phương pháp bảo vệ rơle và phương pháp truyền thông tin về trạng thái tại PCC, sơ đồ thuật toán được mô tả như hình 3.



Nghiên cứu đề xuất một giải pháp bảo vệ mới mang tính khả thi cho LĐPP dựa trên các số liệu dòng điện, điện áp có bổ sung chức năng đo tổng độ méo sóng hài tại PCC nhằm loại trừ trường hợp không xác định được trạng thái PCC (“vùng mất giám sát trạng thái PCC”-NDZ) khi công suất DG cân bằng với nhu cầu phụ tải dẫn đến điện áp không thay đổi, nguyên lý được trình bày như hình 4.



1. Thông tin trạng thái PCC theo phương pháp hữu tuyến (PLC) hoặc cáp quang do các đường dây điện lực sẵn có và “không mất” chi phí dịch vụ. Thích hợp cho các nguồn có công suất lớn ($P > 30$ kW) kết nối trực tiếp vào LĐPP [3, 10, 11].

Xét một LĐPP có sự tích hợp các DG nhỏ kết nối trực tiếp với lưới điện chính. Trong đó, DG là dạng nguồn điện PV được điều khiển bởi bộ biến đổi DC/AC

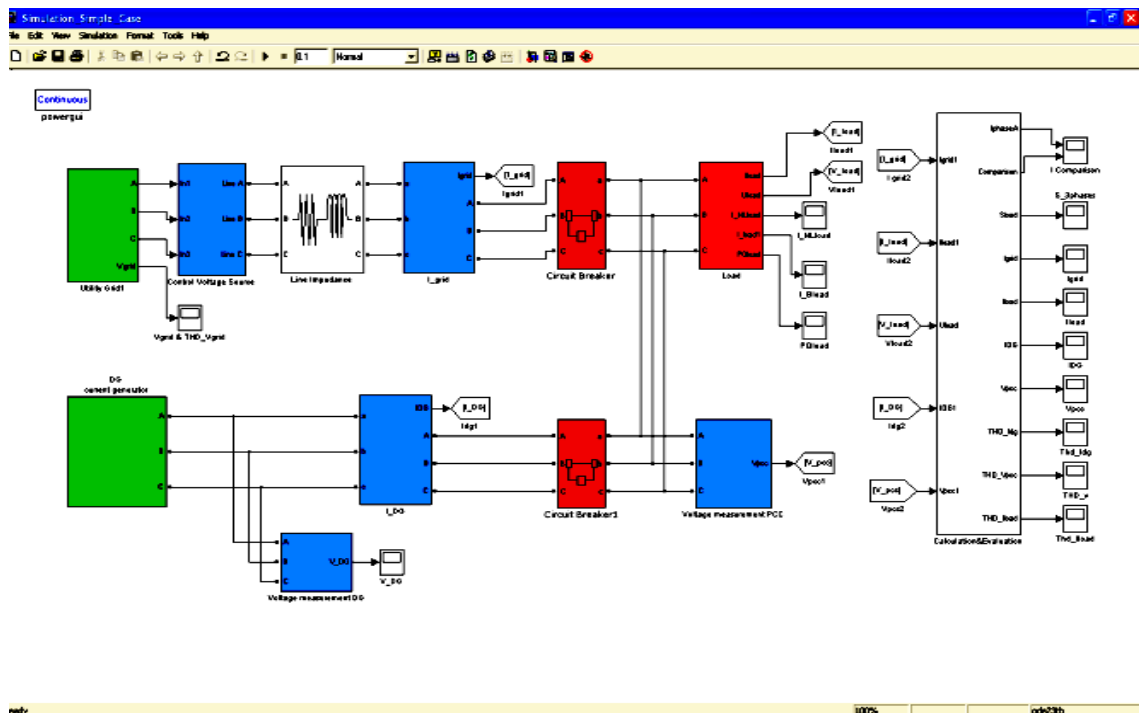
(inverter) một cách tự động kể cả khi nối lưới hay tách đảo. Dựa trên thông số của lưới điện được cho trong bảng 2, mô phỏng một microgrid làm việc ở điện áp 400/230 V và tần số là 50 Hz. Công suất của DG là nguồn pin quang điện và bộ ắc quy một chiều dùng để lưu trữ năng lượng.

Bảng 1. Thông số lưới điện mô phỏng

Thông số lưới điện	Giá trị	Đơn vị
Nguồn dòng một chiều DG (I_1)	8	A
Tổng độ méo hài lớn nhất của DG	5	%
Điện áp lưới điện chính	400	V
Tổng độ méo hài lớn nhất của LĐPP	8	%
Điện trở dây dẫn (R)	1e-2	Ω /pha
Cảm kháng của dây dẫn (L)	300e-6	H/pha

Thông số lưới điện	Giá trị	Đơn vị
Công suất tác dụng của phụ tải (P)	5000	W
Công suất cảm kháng của phụ tải (Q_L)	2000	VAr
Công suất dung kháng của phụ tải (Q_C)	500	VAr
Cảm kháng đầu ra diốt chỉnh lưu (L_1)	1e-3	H
Điện dung đầu ra diốt chỉnh lưu (C_1)	1e-9	F
Tổng trở phụ tải phi tuyến	285	Ω
Tần số (f)	50	Hz

Lưới điện được mô phỏng trong môi trường Matlab/Simulink như hình 6. Các nguồn sóng hài được bơm xếp chồng lên nguồn dòng cơ bản bậc 1; các thành phần hài bậc 3, bậc 5 và bậc 7 với biên độ nhỏ hơn 4%, theo tiêu chuẩn IEC61727, IEEE929 và IEEE1547 [6-8, 14, 15].



Hình 6. Sơ đồ lưới điện mô phỏng trong Matlab/Simulink

Kịch bản vận hành được thiết lập như sau: Tại thời điểm $t=0,5$ s, thiết bị ngắt mạch (CB) mở, lưới điện chính ngừng cung cấp điện cho phụ tải như bảng 3.

Bảng 3. Thiết lập các thông số mô phỏng cho các kịch bản thử nghiệm

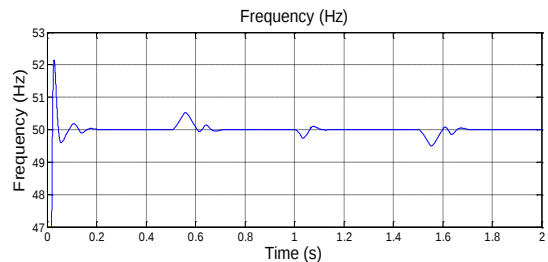
Thiết lập thông số mô phỏng				
LĐ chính	DG		Phụ tải	
Giá trị lớn nhất của $THD_{V_{lưới}}$ %	P kW	$THD_{I_{DG}}$ %	Tải tuyến tính kVA	Tải phi tuyến kW
7,3	2*10	5	2*(8+j3,87)	2*0,8
Trạng thái thiết bị ngắt mạch (CB)				
Trạng thái ban đầu	CB ở PCC		CB - tải phi tuyến	
Open	Mở ở $t = 0,5$ s			
Đóng (hoặc đóng lặp lại)	Đóng lặp lại ở $t = 1,5$ s		Đóng ở $t = 1$ s	

4.2. Kết quả mô phỏng và thảo luận

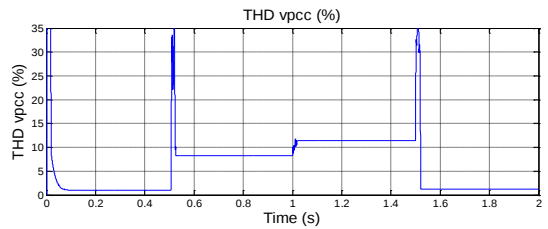
Trên thực tế vận hành LĐPP, điện áp và tần số sẽ nhanh chóng vượt khỏi giới hạn cho phép khi mất trạng thái cung cấp điện song song của lưới điện chính và DG[3]. Mô hình của LĐPP mô phỏng đã được thực hiện và kết quả thu được như hình 7, từ đó, có cơ sở để đánh giá phương pháp được sử dụng để phát hiện và bảo vệ tách đảo trong lưới điện thông minh.

Khi đó, trạng thái tách đảo xuất hiện, microgrid được hình thành, nếu công suất của PV vẫn đủ đáp ứng theo nhu cầu phụ tải thì bộ biến đổi điều chỉnh tự động để giữ điện áp, tần số trong giới hạn cho

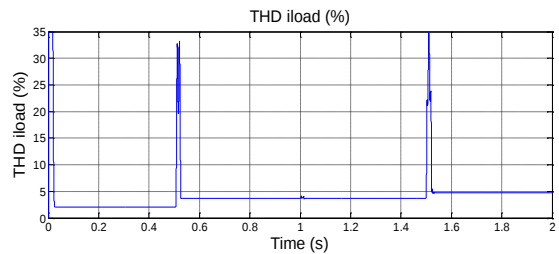
phép ($\Delta f \leq 1\%$, $85\% < V_{PCC} < 110\%$, $THD_{load} < 5\%$) [3-5]. Tuy nhiên, nếu $THD_{V_{PCC}}$ tăng vượt quá ngưỡng cho phép ($THD_v = 8,22\% > 5\%$), trong trường hợp này, duy trì sự làm việc của DG là không tốt, về lâu dài có thể giảm tuổi thọ của bộ biến đổi DC/AC nhanh chóng [3-9, 14, 16]. Do đó, phương pháp đo $THD_{V_{PCC}}$ xác định trạng thái PCC rất hiệu quả.



Tần số f thay đổi không đáng kể ($\Delta f \leq 1\%$)



THD điện áp vượt quá giới hạn cho phép ở $t=0,5$ s



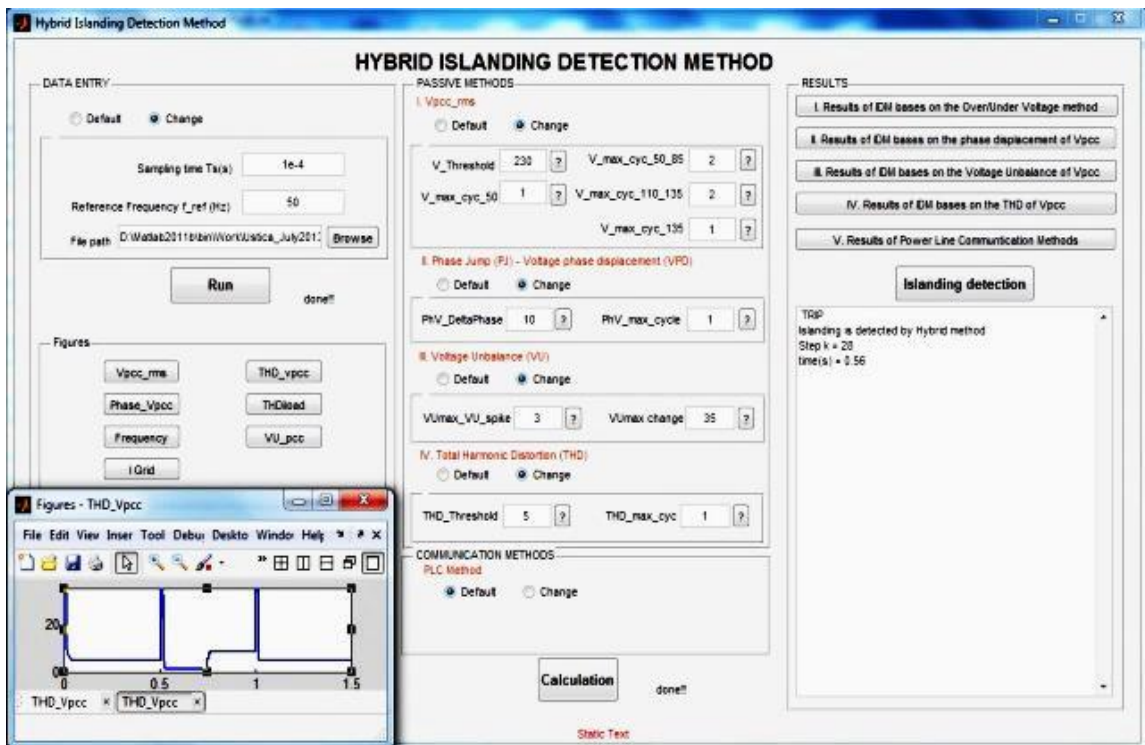
THD dòng điện dưới ngưỡng cho phép (5%)

Hình 7. Kết quả các thông số tại (phase A) tại thời điểm mất kết nối $t=0,5$ s

Ngược lại, nếu DG bị ngắt ra, mất điện áp tại PCC, mạch sim 3G được kích hoạt và gửi tin nhắn SMS cho người vận hành LĐPP và quản lý DG này biết. Như vậy, trạng thái của PCC luôn được giám sát, đảm bảo vận hành ổn định và linh hoạt

cho toàn bộ LĐPP bởi phương pháp kết hợp, được mô tả như giao diện trong hình 8. Đến thời điểm $t=1.5s$, thiết bị tự động đóng trở lại đường dây đóng CB, phương thức làm việc cơ bản được khôi phục, đảm bảo chất lượng điện năng. Thông số của lưới điện tại PCC được thu thập kết

hợp với kỹ thuật truyền thông sử dụng SMS để phát hiện trạng thái tách đảo của PV hay mất kết nối từ phía LĐPP được thể hiện rõ ràng qua kết quả mô phỏng. Vì vậy, hiệu quả của việc giám sát và điều khiển PV được nâng cao, bảo vệ an toàn cho toàn bộ LĐPP có tích hợp DG.



Hình 8. Giao diện của phương pháp bảo vệ LĐPP thông minh

5. KẾT LUẬN

Giải pháp đề xuất sử dụng dịch vụ tin nhắn SMS là một phương pháp hiệu quả và phù hợp cho các nguồn PV có công suất nhỏ tham gia vào LĐPP, bởi vì đem lại một số lợi thế bao gồm chi phí lắp đặt thấp, triển khai nhanh và tính di động cao

cùng với các cải tiến truyền thông không dây, các công nghệ được tiêu chuẩn hóa. Hơn nữa, có thể cải thiện chất lượng cung cấp điện năng về phương diện tăng tính linh hoạt, liên tục cung cấp điện, giảm số lượng khách hàng mất điện, giảm số lần và giảm thời gian gián đoạn cấp điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] "Technology Action Plan: Smart Grids". Report to the Major Economies Forum on Energy and Climate, December 2009.

- [2] Smart grids - European Technology Platform for the Electricity Network of the Future, Strategic Deployment Document, April 2010, <http://www.smartgrids.eu>
- [3] Ngoc-Trung NGUYEN, "Study and development of innovative measurement methods and systems for anti-islanding protection in smart grids", PhD thesis, University of Palermo, February 2014, pp.6-17.
- [4] EN 50438:2012, "Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks" (project number 22109).
- [5] CEI 0-21, "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica" (Reference technical rules for the connection of active and passive users to the LV electrical Utilities), CEI Standard, december 2011 (In Italian).
- [6] "Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface", IEC Std. 61727, 2004.
- [7] "IEEE standard for interconnecting distributed resources with electric power systems", IEEE Std. 1547, 2003.
- [8] "IEEE recommended practice for utility interface of photovoltaic (PV) systems", IEEE Std. 929, 2000.
- [9] Andrew T. Moore, "Distributed Generation (DG) Protection Overview", Literature Review for ES 586b, University of Western Ontario, 5 May 2008
- [10] Salman Safdar, Bechir Hamdaoui, Eduardo Cotilla-Sanchez, Mohsen Guizani, "A Survey on Communication Infrastructure for Micro-grids", Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) 2013 9th International, Sardinia - Italy, 1-5 July 2013
- [11] Amin Zamani, Amirnaser Yazdani, Tarlochan S. Sidhu, "A Communication-Assisted Protection Strategy for Inverter-Based Medium-Voltage Microgrids", IEEE transactions on smart grid, vol. 3, no. 4, december 2012
- [12] P.P. Parikh, M.G. Kanabar, and T.S. Sidhu, "Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications," in Proc. IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet., Jul. 2010.
- [13] Lipi Chhaya, Paawan Sharma, Govind Bhagwatikar and Adesh Kumar, "Review - Wireless Sensor Network Based Smart Grid Communications: Cyber Attacks, Intrusion Detection System and Topology Control", Electronics, 23 December 2016.
- [14] Rohith Varier, Naran M. Pindoriya, "A Novel Active Anti-Islanding Protection Scheme for Grid-Interactive Roof-Top Solar PV System", Power Systems Conference (NPSC), 2014 Eighteenth National, Guwahati, India, 18-20 Dec. 2014.
- [15] Bower, W. and M. Ropp, "Evaluation of islanding detection for PV utility-interactive inverters in Photovoltaic Systems," Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico 87185 and Livermore, California 94550, 2002.
- [16] Chowdhury, S.P., et al., "Islanding protection of distribution systems with distributed generators-A comprehensive survey report". In IEEE - Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Ngọc Trung tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2003 và 2006; nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2014 tại Trường Đại học Palermo, Cộng hòa Italia.

Lĩnh vực nghiên cứu: lưới điện thông minh - SmartGrid, giám sát điều khiển, bảo vệ và tự động hóa trong hệ thống điện, ổn định hệ thống điện.



Tác giả Phạm Mạnh Hải tốt nghiệp Trường Đại học Bách khoa Hà Nội ngành hệ thống điện năm 2006; nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Paul Sabatier, Toulouse, Pháp năm 2008; bảo vệ Luận án Tiến sĩ ngành hóa hữu cơ ứng dụng - Plasma cho năng lượng tại Đại học Poitiers (ENSIP), Poitiers, Pháp năm 2011. Hiện nay tác giả công tác tại Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: thuật toán tối ưu, dự báo phụ tải điện, năng lượng tái tạo, độ tin cậy trong hệ thống điện.



Tác giả Ngô Ngọc Thành tốt nghiệp Trường Đại học Điện lực năm 2011, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Palermo - Cộng hòa Italia năm 2014. Hiện nay tác giả là nghiên cứu sinh tại Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: cấu trúc dữ liệu và giải thuật, các bài toán tối ưu trong hệ thống điện, năng lượng tái tạo.



Tác giả Đàm Khánh Linh tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện năm 2008 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội; nhận bằng Thạc sĩ ngành quản lý công nghiệp tại Học viện Công nghiệp Grenoble (INPGI), Cộng hòa Pháp năm 2010; nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Palermo - Cộng hòa Italia năm 2015.

Lĩnh vực nghiên cứu: hệ thống điện thông minh, thị trường điện, chính sách giá điện.

