

## GIẢI PHÁP GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU KHIỂN CHI PHÍ THẤP CHO NGUỒN PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI TÍCH HỢP VÀO LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

### A NOVEL LOW-COST MONITORING AND CONTROL SOLUTION FOR PHOTOVOLTAIC SYSTEM INTERGRATING INTO UTILITY DISTRIBUTED GRID

**Nguyễn Ngọc Trung, Đàm Khánh Linh**

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 24/05/2021, Ngày chấp nhận đăng: 28/12/2021, Phản biện: TS. Nguyễn Mạnh Quân

#### **Tóm tắt:**

Ngành công nghiệp điện đã sẵn sàng để thực hiện việc chuyển đổi từ một mạng lưới sản xuất kiểm soát tập trung sang trạng thái ít tập trung hơn và người tiêu dùng được tham gia tương tác nhiều hơn. Một mạng lưới thông minh hơn có thể thay đổi được điều đó bằng cách đưa các triết lý, khái niệm và công nghệ mạng truyền tin vào hệ thống điện. Bài báo nghiên cứu sử dụng giải pháp kết hợp giữa công tác đo lường (dòng điện, điện áp, tần số, sóng hài...) và sử dụng các thiết bị thu thập dữ liệu truyền thông tin liên lạc trên cơ sở cấu trúc cải tiến của hệ thống SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ứng dụng thuật toán thông minh để giám sát trạng thái kết nối các nguồn điện phân tán cho lưới điện phân phối thông minh. Một số kết quả mô phỏng trên Matlab-Simulink chứng minh tính khả thi của giải pháp đề xuất. Kết quả mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink chứng minh hiệu quả của giải pháp đề xuất.

#### **Từ khóa:**

Lưới điện thông minh - Smart grid, lưới điện phân phối (LĐPP), lưới điện nhỏ - microgrid, nguồn điện phân tán (DG), điểm kết nối chung (PCC), tin nhắn SMS (Short text Message Service)

#### **Abstract:**

The electric industry is poised to make the transformation from a centralized, producer-controlled network to one that is less centralized and more consumer-interactive. A smarter grid makes this transformation possible by bringing the philosophies, concepts and technologies that enabled the internet to the utility electric grid. In this study, proposing of a novel islanding detection method is one of the most important features and offering a method of combining the measurement solution and communication media based on the development of electronic communication devices that new technology systems to detect the islanding state in point of common coupling (PCC) for power grid connected to DGs; based on the structure of SCADA. The simulated results of test case on the Matlab/Simulink environment has demonstrated the effectiveness of the proposed methods.

#### **Keywords:**

Distributed grid, multi-function device, Distributed Generation, photovoltaic system, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), Intelligent Electronic Divices (IED), SMS (Short text Message Service).

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển của khoa học, ứng dụng của cách mạng công nghệ lần thứ tư, hệ thống điện truyền thống đang dần được nâng cấp quản lý và điều khiển thông minh hơn hay còn được gọi là “smart grid”. Hiện nay, một trong những thách thức lớn nhất đối với hệ thống điện (HTĐ) Việt Nam là việc tích hợp hoàn toàn các DG vào lưới điện, nhất là ở cấp phân phối (tức là ở các lưới điện trung và hạ áp). Thực tế, việc tích hợp như vậy cho phép khai thác tốt nhất các nguồn năng lượng tái tạo sẵn có tại các vùng lãnh thổ và các nguồn năng lượng chưa được khai thác khác, bên cạnh đó, cần thay đổi cách vận hành nguồn năng lượng kiểu một chiều hay việc sử dụng quá hạn chế các thiết bị điện - điện tử sử dụng công nghệ hiện đại có khả năng điều khiển và tự động hóa cao như trước đây. Ngược lại, “smart grid” không chỉ là một khái niệm đơn thuần mà là sự kết hợp của công nghệ và các biện pháp hướng tới hiện đại hóa lưới điện hiện hành [1] nhằm nâng cao:

- Tính linh hoạt (F-flexibility);
- Mức độ sẵn sàng (A-availability);
- Hiệu suất (E-energy efficiency);
- Tính kinh tế (C-costs).

Trong đó, các trào lưu năng lượng là hai chiều nên cần thiết phải có các công nghệ và khả năng đo lường mới thông minh hơn, các thiết bị điện - điện tử thông minh (IEDs) và mạng truyền tin hai chiều để phục vụ các nhiệm vụ giám sát, điều

khiển, tự động hóa và bảo vệ hệ thống điện. Trong những năm gần đây, việc giám sát, thu thập các thông số điện và sau đó là điều khiển đóng ngắt các thiết bị điện trong các trạm biến áp phân phối đã trở nên phổ biến trong nghiên cứu ứng dụng. Tuy nhiên, để giảm thiểu việc phải đầu tư hệ thống phần mềm và thiết bị đắt tiền từ các nước phát triển, rất cần thiết đầu tư cho việc nghiên cứu và áp dụng các thiết bị giám sát và điều khiển lưới điện phân phối đáp ứng các tiêu chuẩn với mức chi phí hợp lý. Để mở rộng chức năng cho các thiết bị điện, giúp ích cho vận hành lưới điện phân phối (LĐPP), bài báo đề xuất giải pháp tích hợp đa chức năng cho hệ thống giám sát và cảnh báo sự cố bất thường.

## 2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU VÀ GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

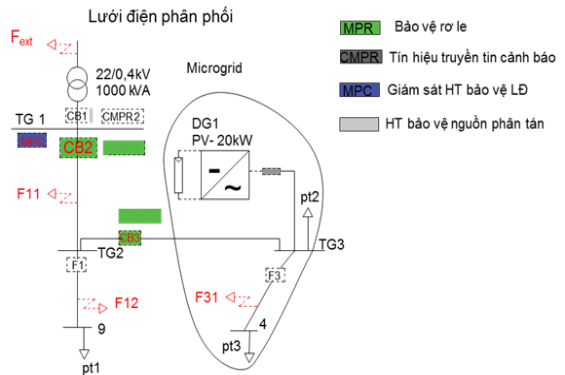
Trong các nghiên cứu công bố gần đây tại Việt Nam, các giải pháp đưa ra thường dừng lại ở mức độ chức năng giám sát thông số điện. Các thiết bị này thường được kết nối với trung tâm điều khiển, trung tâm dữ liệu qua mạng di động hoặc wifi internet và cung cấp dữ liệu đến cho người dùng nhờ giao diện phần mềm tích hợp. Nghiên cứu đề xuất một giải pháp mới mang tính khả thi cho việc bảo vệ hệ thống điện, sử dụng kết hợp các nguyên lý bảo vệ role và phương pháp truyền thông tin trạng thái kết nối giữa nguồn điện phân tán (DG) mà phổ biến là các nguồn điện sử dụng pin năng lượng mặt trời (PV) và lưới điện phân phối (LĐPP) để

bảo vệ cho hệ thống làm việc ở cả chế độ kết nối và tách lưới của DG. Cùng với sự đóng góp tích cực của DG vào sự ổn định, linh hoạt hơn và tăng độ tin cậy của LĐPP, giải pháp được đề xuất này cũng có thể thực hiện các chức năng “thông minh hơn” - cho phép giám sát và điều khiển từ xa các DG ở khía cạnh không chỉ tách ra mà còn điều chỉnh điện áp, công suất và điều tiết sản lượng điện năng. Khi phát hiện sự cố bất thường, các thiết bị sẽ gửi tín hiệu điều khiển để đóng ngắt các thiết bị bảo vệ. Điều gây ngạc nhiên khi biết rằng nhiều bài toán trong số những ý tưởng này đã đi vào hoạt động. Tuy nhiên, giải pháp đột phá chỉ hữu ích khi khách hàng cũng được trao quyền bởi phương tiện truyền thông kỹ thuật số và plug-and-play khả năng hai chiều minh họa một mạng lưới thông minh hơn.

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Thế hệ phân phối là việc sử dụng các công nghệ sản xuất điện quy mô nhỏ nằm gần với tải trọng được phục vụ, có khả năng giảm chi phí, nâng cao độ tin cậy, giảm lượng khí thải và mở rộng tùy chọn năng lượng. Thiết bị giám sát, đo đạc thông số sẽ được lắp đặt tại một số trạm biến áp phân phối 22/0,4 kV hoặc các tủ phân phối nhánh để thu thập thông số gửi về trung tâm dữ liệu. Càng nhiều nơi được lắp đặt thiết bị, thuật toán xử lý càng có khả năng thể hiện được các chức năng tính toán chính xác hơn. Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu kết quả từ số liệu của mô hình nghiên cứu.

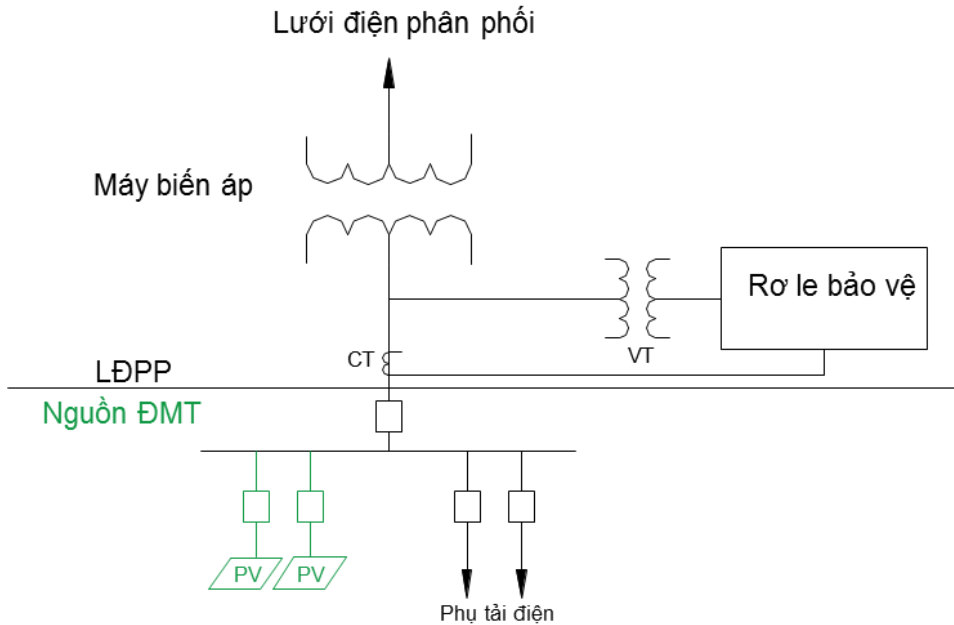
Mô hình của LĐPP được giới thiệu trên hình 1.



Hình 1. Mô hình lưới điện phân phối có tích hợp nguồn điện sử dụng năng lượng mặt trời

### 2.2. Giải pháp đề xuất

Các thuật toán giám sát LĐPP có sự tham gia của nguồn điện phân tán đã được nghiên cứu và phát triển bắt đầu từ những năm 2010 [1-7]. Trong đó, sử dụng kết hợp 2 phương pháp đo lường và truyền thông tin liên lạc là giải pháp có hiệu quả cao với chi phí hợp lý đối với những hệ thống điện chưa hoàn toàn đồng bộ hiện đại như Việt Nam (bảng 1). Các tiêu chuẩn (IEC, IEEE...) được công bố gần đây đã ấn định một số ngưỡng để tách các nguồn DG ở điều kiện độ lệch điện áp ( $85\% < V_{đm} < 110\%$ ) và tần số trong giới hạn cho phép ( $49,5 \text{ Hz} < f < 50,5 \text{ Hz}$ ). Ngoài ra, điều độ của điện lực phát lệnh đưa ra khả năng cho phép tách các DG từ xa hoặc điều chỉnh các ngưỡng nói trên để tránh làm việc trong chế độ tách lưới.

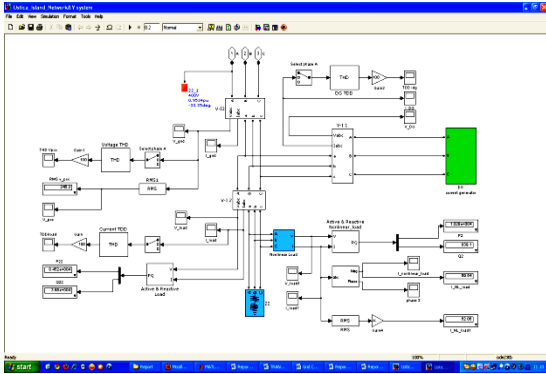


Hình 2. Sơ đồ bảo vệ lưới điện phân phối có tích hợp nguồn điện sử dụng năng lượng mặt trời

Bảng 1. Phân tích các phương pháp giám sát trạng thái trên LĐPP có sự tham gia của các nguồn điện phân tán

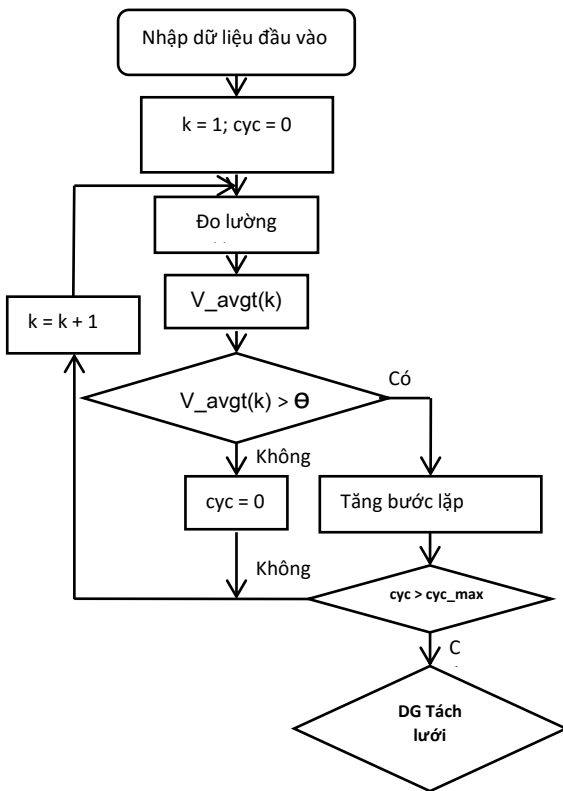
Phương pháp	Đo lường	Thông tin liên lạc
Đặc điểm	Giám sát cục bộ tại PCC các thông số lưới điện ( $f$ , $V$ , THD,...); Phân biệt các chế độ chia tách và nối lưới	Truyền thông tin, dữ liệu giữa DG và lưới điện và được DG sử dụng để xác định thời điểm ngắt kết nối.
Ưu điểm	Dễ triển khai và chi phí thấp; Không làm suy giảm chất lượng điện năng.	Tin cậy và dễ triển khai; Không có “vùng chết” trên phương diện lý thuyết ; Không phát sinh vấn đề xấu về chất lượng điện năng; Không bị ảnh hưởng bởi số lượng DG trên lưới.
Nhược điểm	Vùng không phát hiện trạng thái kết nối tại PCC lớn - “Vùng chết lớn” (NDZ: non-detection zone).	Việc triển khai hệ thống cấu trúc truyền thông hai chiều phức tạp; Cần hạ tầng cơ sở hiện đại, chi phí đầu tư cao.
Khả năng ứng dụng	Các biện pháp đo lường các thông số cơ bản thường được cho là chưa đủ đối với bảo vệ chống chia tách lưới.	Có thể tận dụng các hệ thống truyền tin có mức đầu tư nhỏ nhằm giảm chi phí cho hệ thống truyền thông. VD: tin nhắn ngắn (SMS), cáp quang,...

Ứng dụng Matlab Simulink mô phỏng LĐPP có sự tham gia của DG để giám sát, thu thập các thông số vận hành và trạng thái kết nối của DG tại PCC như hình 3.



Hình 3. Mô phỏng Matlab/Simulink cho hệ thống đo lường tại điểm PCC

Sơ đồ thuật toán bảo vệ cho DG khi được kết nối vào LĐPP được thiết kế như hình 4.



Hình 4. Sơ đồ thuật toán bảo vệ theo tín hiệu điện áp cho DG khi được kết nối vào LĐPP

Mã nguồn thuật toán được xây dựng trên môi trường Matlab như sau:

```
% ----- Nhập dữ liệu -----%
k = 0;
i = 0;
t = 0.02; % thời gian 1 chu kỳ
f_ref=50 % tần số

%---Input ----- Vpcc-----%
V_n = 230;
V_t = vpcc_rms;
V_avgs = 230; % trạng thái bình thường
V_Threshold = 230;
V_max_cyc_50 = 1; % deltaV < 50%
V_max_cyc_50_85 = 2; % 50% <= deltaV < 85%
V_max_cyc_110_135 = 2; % 110% <= deltaV < 135%
V_max_cyc_135 = 1; % deltaV >= 135%
V_cyc_50 = 0;
V_cyc_50_85 = 0;
V_cyc_110_135 = 0;
V_cyc_135 = 0;
V_at = 1; %

%----- Khởi tạo giá trị ban đầu -----%
V_i = 0; % mảng Vpcc
V_err = 0.1;
V_MaxVt = 0;
%BEGIN
%---Main----- _Vpcc-----%
V_Sta = 0;
V_sv = 0;
V_i = V_i + 1;
for V_i = V_i:1:(V_i + V_n - 1);
    V_sv = V_sv + V_t(V_i,2);
    V_avgt = V_sv/V_n;
    if (V_avgt > V_MaxVt) V_MaxVt = V_avgt; end;
    if (V_avgt < V_MinVt) V_MinVt = V_avgt; end;
    V_deltaV = (V_avgt / V_avgs) * 100;
    V_pp = V_avgt / V_Threshold;
    if (V_deltaV < 135) V_cyc_135=0; end
    if (V_deltaV < 50) %kiểm tra điều kiện deltaV < 50%
        V_cyc_50 = V_cyc_50 + 1;
        if (V_cyc_50 >= V_max_cyc_50)
            if ((V_pp > 1.1) || (V_pp < 0.85))
                V_Sta = 1;end end
    else
        V_cyc_50 = 0;
        if (V_deltaV < 85) % kiểm tra điều kiện deltaV >=50
            and deltaV <85
                V_cyc_50_85 = V_cyc_50_85+1;
                if (V_cyc_50_85 >= V_max_cyc_50_85)
```

```

if ((V_pp > 1.1) || (V_pp < 0.85))
    V_Sta = 1;end end
else
    V_cyc_50_85=0;
    if (V_deltaV < 110) % kiểm tra điều kiện deltaV
    >=85 and deltaV < 110
        V_avgs = V_avgt; %cập nhật Vavgt
        V_cyc_50 = 0;
        V_cyc_50_85 = 0;
        V_cyc_110_135 = 0;
        V_cyc_135 = 0;
    else if (V_deltaV < 135) % kiểm tra điều kiện
    deltaV >=110 and deltaV < 135
        V_cyc_110_135 = V_cyc_110_135 + 1;
        if (V_cyc_110_135 >=V_max_cyc_110_135)
            if ((V_pp > 1.1) || (V_pp < 0.85))
                V_Sta = 1;end end
            else % kiểm tra điều kiện deltaV >=135
                V_cyc_110_135 = 0;
                V_cyc_135 = V_cyc_135 + 1;
                if (V_cyc_135 >= V_max_cyc_135)
                    if ((V_pp > 1.1) || (V_pp < 0.85))
                        V_Sta = 1;end end end
                end
            end
        end
    end
End

```

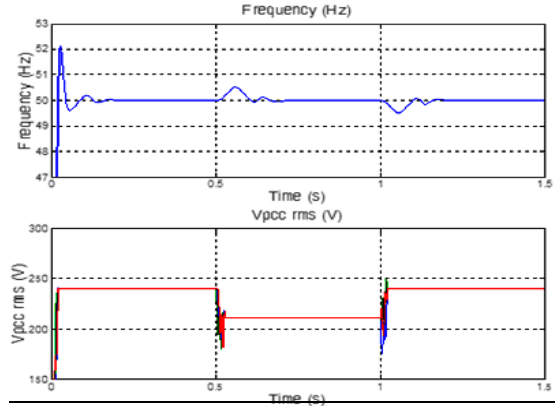
Khi độ lớn của điện áp nằm trong giới hạn đặt trước  $[V_{min}; V_{max}]$  của phương pháp dựa trên giá trị điện áp (OUV), thì quan hệ giữa điện áp và độ lệch công suất được xác định như sau:

$$\left(\frac{V}{V_{max}}\right)^2 - 1 \leq \frac{\Delta P}{P} \leq \left(\frac{V}{V_{min}}\right)^2 - 1$$

Khi sự thay đổi của tần số nằm trong ngưỡng cài đặt trước  $[f_{min}; f_{max}]$  của phương pháp dựa trên giá trị điện áp (OUF), thì quan hệ giữa tần số và độ lệch công suất được xác định như sau:

$$Q_f \left[1 - \left(\frac{f}{f_{max}}\right)^2\right] \leq \frac{\Delta Q}{P} \leq Q_f \left[1 - \left(\frac{f}{f_{min}}\right)^2\right]$$

Trong trường hợp này, mức biến dạng điện áp được giám sát tại PCC và khi mức biến dạng vượt ngưỡng cho phép thì DG sẽ được tách ra như hình 5.



Hình 5. Kết quả mô phỏng của điện áp, tần số tại điểm kết nối chung PCC

### 2.3. Thuật toán truyền tin

Nghiên cứu này đề xuất một chiến lược bảo vệ mới cho LDPP, có thể sử dụng khả năng giao tiếp thông minh hơn dựa trên công nghệ GSM (hệ thống toàn cầu cho truyền thông di động). Điều đó có 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 cung cấp cho các khu vực địa phương và mạng khu vực cá nhân. Sử dụng SMS là một dịch vụ hiệu quả cho mạng điện áp thấp trong đó các DG nhỏ kết nối trực tiếp với lưới điện [8-10] hoặc là kết quả của các nghiên cứu [11, 12].



Hình 6. Kết quả mô phỏng của điện áp, tần số tại điểm kết nối chung PCC

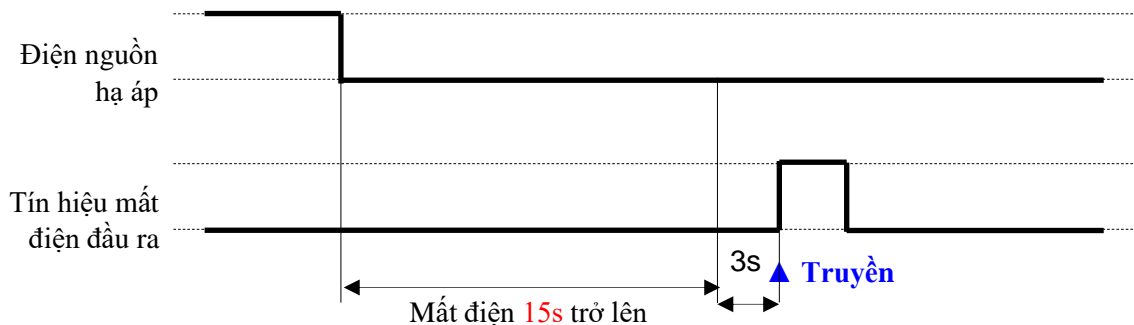
Với các thông số cài đặt của từng phần tử vận hành cơ bản như bảng 2. trên bản mạch, thiết bị có các thông số

**Bảng 2. Thông số kỹ thuật áp dụng cho đơn vị truyền tin lắp trong bộ thiết bị giám sát và điều khiển**

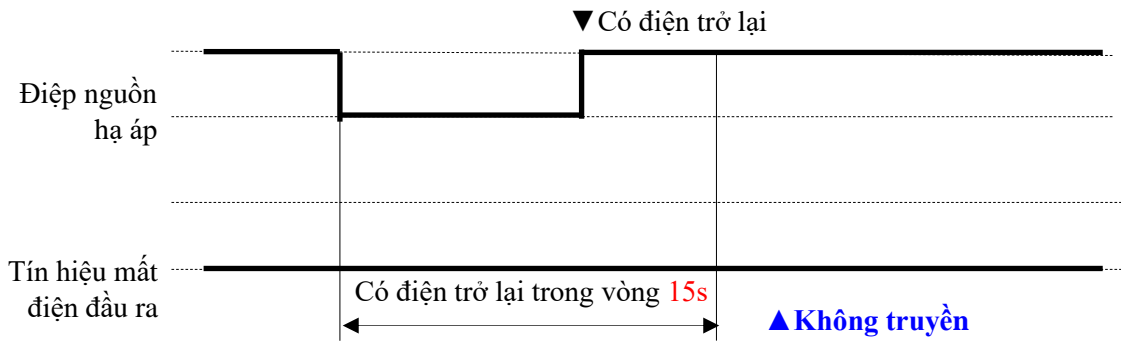
STT	Thông số	Chi tiết
1	Định mức, quy cách - Tần số [Hz] - Điện áp nguồn [V] - Phương thức truyền tín hiệu Môi trường - Nhiệt độ [°C] - Độ ẩm [%] - Áp suất khí quyển [kPa]	50±5% 220±20% xoay chiều UMTS(3G) -40 ~ 85 5 ~ 95 80 ~ 110
2	Tác động cơ bản - Gửi SMS  - Số máy nhận SMS	Tiến hành gửi tin nhắn khi phát hiện ra điện nguồn của bộ điều khiển bị hết do mất điện. ① Tác động khi phát hiện mất điện: "Power Lost!" Gửi tin nhắn khi phát sinh: sự cố chạm đất, sự cố ngắn mạch, bất thường tự kiểm tra ② Phát sinh sự cố chạm đất: "Ground Fault" ③ Phát sinh sự cố ngắn mạch: "Short-circuit Fault" ④ Phát sinh bất thường tự kiểm tra: "Selfcheck Fault" Tối đa "n" số điện thoại của các cá nhân, tổ chức.

① Tác động khi mất điện

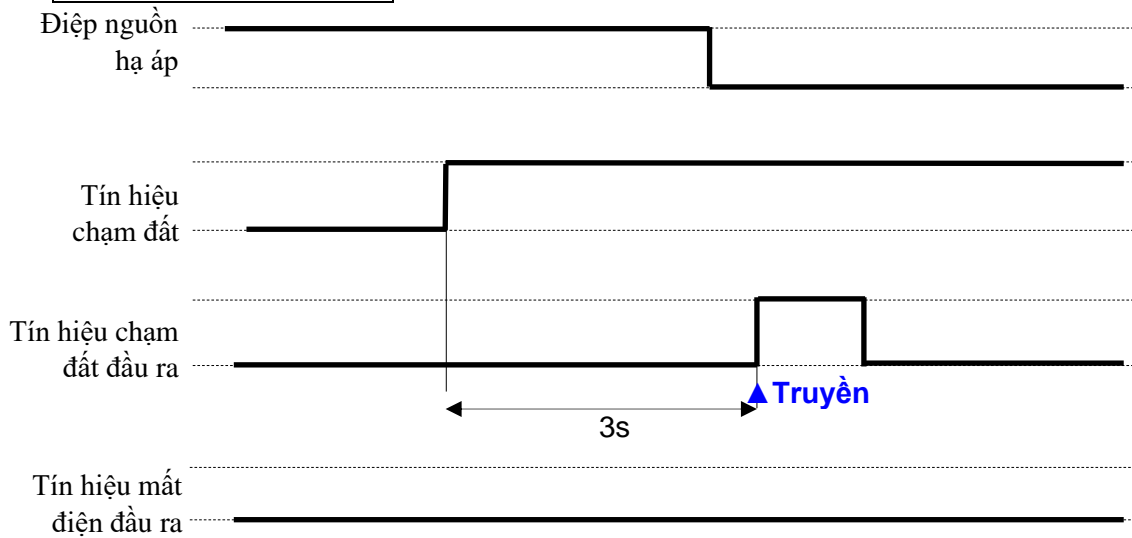
«Trường hợp trong vòng 15s không có điện trở lại»



«Trường hợp có điện trở lại trong vòng 15s»



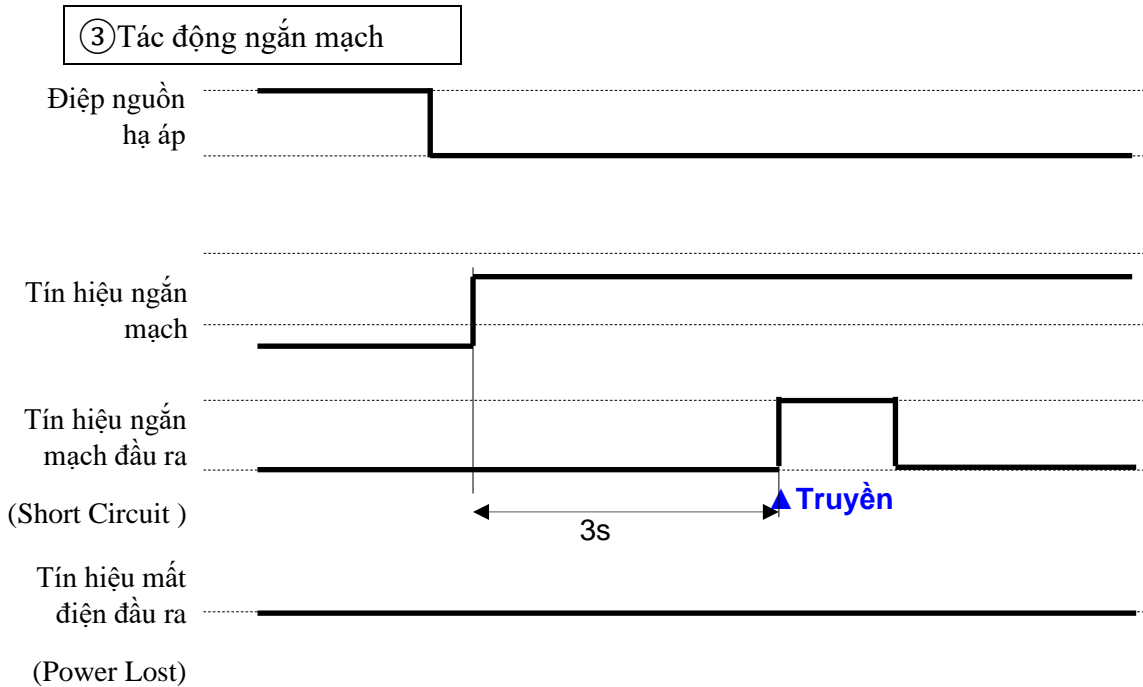
② Tác động chạm đất



※ Sau khi phát hiện có tín hiệu chạm đất 30 ms trở lên, sẽ bắt đầu đếm thời gian 3s.

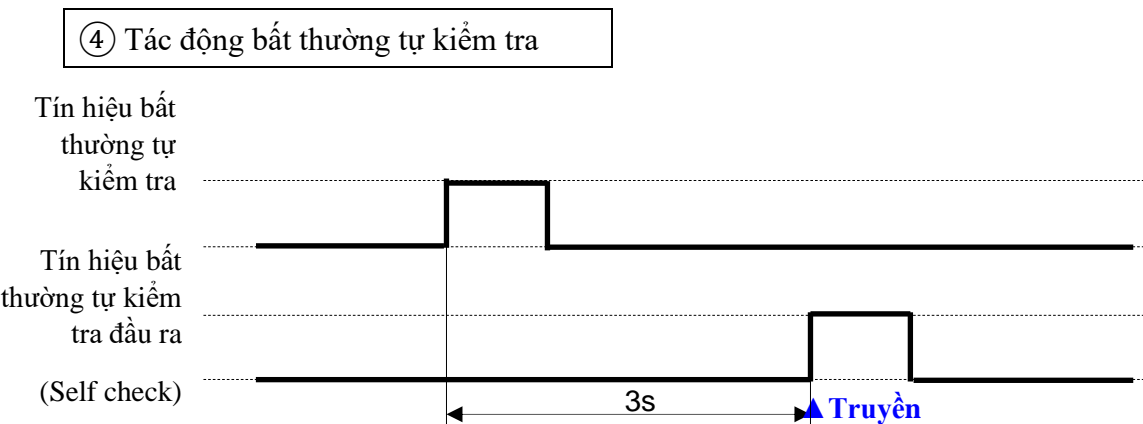
Ngoài ra, khi tác động chạm đất, dù phát hiện điện nguồn bị mất nhưng không gửi tín hiệu mất điện đầu ra.





※ Sau khi phát hiện có tín hiệu ngắn mạch 30 ms trở lên, sẽ bắt đầu đếm thời gian .

Ngoài ra, khi tác động ngắn mạch, dù phát hiện điện nguồn bị mất nhưng không gửi tín hiệu mất điện đầu ra.



Hình 7. Biểu đồ hiển thị thời gian tác động cơ bản

#### 2.4. Giao diện phần mềm tương tác

Hình 8 biểu thị kết quả thu thập dữ liệu gửi về trung tâm dữ liệu thông qua phần mềm tích hợp được lập trình và viết giao diện bằng Matlab. Giám sát thông số điểm đo hiển thị các thông số cơ bản như công

suất ( $P$ ,  $Q$ ,  $S$ ), cường độ dòng điện hay nhiệt độ, độ ẩm; sau đó truy cập dữ liệu từ trung tâm dữ liệu để thực hiện các thuật toán tính toán. Dựa vào các thuật toán xử lý dữ liệu, bộ xử lý dữ liệu sẽ cung cấp thông tin cảnh báo cho người/đơn vị vận

hành về tình trạng bất thường (nếu có) của lưới điện tại điểm đấu nối chung (PCC). Một số khả năng bất thường có thể được cảnh báo như trên.

	L1	L2	L3				
U	224.13	219.7	217.14	kWh	5079.84		
I	137.6	148.8	184.8	KVARh	1505.52		
cos	0.97	0.93	0.93	kVAh	5443.84		
P	30.08	30.64	37.68	P-TOTAL	98.4	Hz	50.31
Q	7.28	11.6	14.08	Q-TOTAL	32.96	Temp	30.1
S	31.52	33.36	41.04	S-TOTAL	105.92	Hum	70

Hình 8. Giao diện môđun giám sát thông số điểm đo

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đưa ra một hướng nghiên cứu mới, hoàn toàn khả thi được tiến hành đối với các chiến lược đo lường và truyền tin phục vụ phát triển một thể hệ mới các

thiết bị giao diện cho các nguồn DG cũng như tích hợp chúng vào lưới thông minh SmartGrid. Nghiên cứu đã được thực hiện dựa trên những chuẩn hóa trong vấn đề tích hợp nguồn DG vào các LPP. Giải pháp đề xuất là kiến trúc đa tầng mà có thể khai thác các công nghệ khác nhau ở nhiều cấp để tạo ra hạ tầng mạng chi phí thấp trên nền tảng kiến trúc SCADA, đặc biệt quan tâm việc khai thác công nghệ GMS do giá thành thấp và thuận lợi với ngành điện. Kết quả mô phỏng thu được cho thấy tính khả thi của giải pháp đề xuất. Về các khả năng đo lường của các IDs mới, sự quan tâm được dành cho bảo vệ tách lưới của nguồn PV ở trạng thái lưới điện siêu nhỏ - microgrid là một trong những vấn đề quan trọng nhất của các tiêu chuẩn hiện nay trên lĩnh vực này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Europe 2020, "A strategy for smart sustainable and inclusive growth", [http://ec.europa.eu/eu2020/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/eu2020/index_en.htm)
- [2] "Technology Action Plan: Smart Grids". Report to the Major Economies Forum on Energy and Climate, December 2009.
- [3] Smart grids - European Technology Platform for the Electricity Network of the Future, Strategic Deployment Document, April 2010, <http://www.smartgrids.eu>
- [4] A. Timbus, A. Oudalov C.N.M. Ho, "Islanding detection in smart grids", Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010 IEEE, pp. 3631 - 3637.
- [5] Ngoc-Trung Nguyen, "A novel islanding detection method of distributed generation in the smart grids", International conference on science and technology, EPU, 2016.
- [6] EN 50438:2012, "Requirements for the connection of micro-generators in parallel with public low-voltage distribution networks" (project number 22109).
- [7] CLC/FprTS 50549-1:2011, "Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 1: Connection to the LV distribution system" (project number 20863).
- [8] CLC/FprTS 50549-2:2011, "Requirements for the connection of generators above 16 A per phase - Part 2: Connection to the MV distribution system", (project number 23224).
- [9] 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).
- [10] VDE-AR-N 4105, "Generators connected to the low-voltage distribution network. Technical requirements for the connection to and parallel operation with low-voltage distribution networks". August 2011 (In German).

- [11] "Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface", IEC Std. 61 727, 2004.
- [12] "Test procedure of islanding prevention measures for utility interconnected photovoltaic inverters", IEC Std. 62 116, 2008.
- [13] "IEEE standard for interconnecting distributed resources with electric power systems", IEEE Std. 1547, 2003.
- [14] "IEEE recommended practice for utility interface of photovoltaic (PV) systems", IEEE Std. 929, 2000.
- [15] A. Ipakchi and F. Albuyeh, "Grid of the future," *IEEE Power Energy Mag.*, vol. 7, no. 2, pp. 52–62, Mar./Apr. 2009.
- [16] Ngoc-Trung NGUYEN and et., "A Novel Algorithm of Island Protection for Distributed Generation in Smart Grids", 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe-18), Palermo, Italy.
- [17] G. Artale, A. Cataliotti, V. Cosentino, D. Di Cara, N.T. Nguyen, P. Russotto, G. Tinè: "Hybrid passive and communications-based methods for islanding detection in medium and low voltage smart grids" – Proceedings of International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, POWERENG-2013, Istanbul, Turkey, May 13-17 2013, pp. 1563-1567.
- [18] G. Artale, A. Cataliotti, V. Cosentino, D. Di Cara, N.T. Nguyen, G. Tinè "Measurement and Communication Interfaces for Distributed Generation in Smart Grids", proceedings of 2013 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems, AMPS 2013, Aachen, Germany, September 25-27, 2013, pp. 103-107.
- [19] 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.
- [20] A. Esmaeilian, M. Kezunovic, "Controlled Islanding to Prevent Cascade Outages Using Constrained Spectral k-Embedded Clustering," Power Systems Computation Conference (PSCC), 11 Aug.2016
- [21] G. Artale, A. Cataliotti, V. Cosentino, D. Di Cara, S. Guaiana, S. Nuccio, N. Panzavecchia, G. Tinè, Member IEEE "Smart Interface Devices for Distributed Generation in Smart Grids: The Case of Islanding," *IEEE Sensors Journal*, Volume: 17, Issue: 23, Dec.1, 2017
- [22] A.R.Di Fazio, S.Valeri, "Threshold setting of an innovative anti-islanding relay for LV distribution systems by real time simulations", *Renewable Power Generation Conference (RPG 2014)*, 3<sup>rd</sup>, 24-25 Sept.2014
- [23] P.P. Parikh, M. G. Kanabar, T.S. Sidhu, "Opportunities and challenges of wireless communication technologies for smart grid applications," in *Proc. IEEE Power and Energy Society General Meeting*, Minneapolis, MN, Jul. 25-29, 2010, pp.1-7.
- [24] P. Castello, P. Ferrari, A. Flammini, C. Muscas, S. Rinaldi, "An IEC 61850-Compliant distributed PMU for electrical substations," *2012 IEEE International Workshop on Applied Measurements for Power Systems (AMPS 2012)*, Aachen, Germany, Sept. 26-28, 2012, pp. 1-6.

### 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 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.

