

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ QUY HOẠCH, VẬN HÀNH VÀ TRUYỀN THÔNG TRONG MẠNG ĐIỆN PHÂN PHỐI HẠ ÁP THÔNG MINH

Nguyễn Thanh Hà^{1*}, Phạm Thị Ngọc Dung², Hà Thanh Tùng²

¹Đại học Thái Nguyên, ²Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Quá trình phát triển thông minh của mạng điện phân phối hạ áp có ý nghĩa rất lớn trong việc cải thiện khả năng cung cấp và chất lượng của lưới điện. Bài báo này đầu tiên mô tả thực trạng của mạng điện hạ áp tại Việt Nam; tiếp theo, trên cơ sở nghiên cứu trong và ngoài nước, bài viết tiến hành phân tích thực trạng và đề xuất một số vấn đề về quy hoạch, quản lý vận hành, chế độ kiểm soát, kênh thông tin trong xây dựng mô hình mạng điện hạ áp thông minh. 12 nội dung kỹ thuật chính của hệ thống này được thảo luận tóm tắt dựa trên các khía cạnh của hệ thống giám sát thông minh, dịch vụ tương tác người dùng và dịch vụ đa lớp truyền thông. Cuối cùng, một số vấn đề về triển vọng phát triển của loại hình này được thảo luận.

Từ khóa: *Mạng lưới điện phân phối hạ áp; mạng lưới phân phối thông minh; điện toán đám mây; truyền thông; đáp ứng nhu cầu tải*

Ngày nhận bài: 16/4/2020; Ngày hoàn thiện: 22/5/2020; Ngày đăng: 25/5/2020

SOME ISSUES ABOUT PLANNING, OPERATING, AND COMMUNICATION IN LOW VOLTAGE INTELLIGENT DISTRIBUTION NETWORK

Nguyen Thanh Ha^{1*}, Pham Thi Ngoc Dung², Ha Thanh Tung²

¹Thai Nguyen University, ²TNU - University of Technology

ABSTRACT

The intelligent development process of low-voltage distribution network has a significant meaning in improving the supply and quality of the grid. This paper first describes the current situation of low-voltage power network in Vietnam. Then, based on domestic and international research, the article analyzes the situation and proposes a number of issues on planning, operation management, control mode, information channels in constructing intelligent low-voltage power network. The 12 main technical contents of this system are briefly discussed based on the aspects of intelligent monitoring system, user interaction service and multi-layer communication service. Finally, some issues of development prospects of this model are discussed.

Keywords: *low-voltage distribution network; intelligent distribution network; cloud computing; communication; demand respond.*

Received: 16/4/2020; Revised: 22/5/2020; Published: 25/5/2020

* Corresponding author. Email: hant@tnu.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Mạng lưới phân phối (Distribution Network – DN) là cơ sở hạ tầng công cộng quan trọng cho phát triển kinh tế - xã hội. Mạng phân phối hạ áp (Low Voltage Distribution Network -LVDN) được đặt ở cuối mạng phân phối trực tiếp cung cấp điện cho người dùng. Đây là một liên kết chính để đảm bảo chất lượng của nguồn điện [1]. Theo thống kê năm 2019 của tập đoàn điện lực Việt nam, mạng điện hạ áp chiếm đến 68,1% tổng sản lượng điện cả nước [2]. Số hộ phụ tải sử dụng LVDN trong những năm gần đây không ngừng gia tăng dẫn đến số lượng máy biến áp và đường dây, thiết bị phân phối điện cũng tăng lên một cách nhanh chóng.

Do nhiều nguyên nhân, trong đó chủ yếu chậm ứng dụng công nghệ và quản lý trong một thời gian dài dẫn đến LVDN luôn tồn tại nhiều vấn đề như: Thiết bị đầu - cuối kém đồng bộ, khả năng tự động hóa thấp; kinh nghiệm quản lý và vận hành lạc hậu, vận hành, bảo trì và xử lý sự cố hiện tại chủ yếu dựa vào việc kiểm tra thủ công dẫn đến hiệu quả công việc thấp.

Khái niệm về lưới điện thông minh (Smart Grid), được đề xuất vào năm 2003 và đã được triển khai ứng dụng mạnh mẽ ở nhiều quốc gia và khu vực khác nhau [3]. Mục tiêu phát triển ở các nước châu Âu chủ yếu quan tâm đến viện giảm thiểu phát thải CO₂; ở Hoa Kỳ, mục tiêu chính là thay đổi cơ sở hạ tầng cũ kỹ và đáp ứng sự gia tăng của tải lúc cao điểm; Trung Quốc là đáp ứng sự gia tăng nhanh chóng của phụ tải điện.

Cho đến nay, vấn đề nghiên cứu và ứng dụng lưới điện phân phối hạ áp thông minh (Low Voltage Intelligent Distribution Network, LVIDN) vẫn chưa được chú trọng, công việc nghiên cứu vẫn còn phải đào sâu hơn nữa. Hầu hết, phân phối điện hạ áp ở các nước phát triển được cung cấp trực tiếp cho người dùng thông qua trạm biến áp phân phối, phân phối công suất nhỏ một pha. Các đường dây điện hạ áp ngắn và có cấu trúc đơn giản. Tại Việt Nam - đặc biệt là các khu vực đô thị, nơi có mật độ dân số đông, LVDN rất lớn và phức tạp, khó có thể theo mô hình phát triển và lộ trình kỹ thuật của các nước phát triển trong việc xây dựng thông minh hóa. Nó phải được xem xét kết hợp với công nghệ tiên tiến

trong và ngoài nước nhằm cải thiện tình hình thực tế.

Trên cơ sở phân tích nói trên, bài báo này đầu tiên đánh giá một số kết quả nghiên cứu trong nước và quốc tế về thiết lập, kiểm soát hoạt động và truyền thông của LVIDN. Tiếp theo, nhu cầu về sự phát triển của LVIDN được đề cập. Tiếp theo, đề xuất các hướng nghiên cứu với 12 công nghệ chủ chốt được thảo luận và phân tích xung quanh những đặc điểm nêu trên. Cuối cùng, triển vọng về một hình thức tiên tiến hơn của LVDN trong tương lai được trình bày.

2. Thực trạng nghiên cứu

Nghiên cứu về LVIDN chủ yếu bao gồm: quy hoạch, vận hành và ứng dụng mạng truyền thông giám sát thông minh.

2.1. Nghiên cứu quy hoạch LVIDN

Cho đến nay, vấn đề nghiên cứu quy hoạch LVIDN có một số kết quả đáng chú ý sau đây: [4] xây dựng thành công hệ thống đánh giá thông minh bao gồm quyền truy cập vào hệ thống thông tin liên lạc, trạm chính, trạm đầu cuối/ trạm phụ và nguồn điện phân tán. Hệ thống này có khả năng đánh giá khả năng lập kế hoạch cơ sở hạ tầng; đánh giá hiệu quả đầu tư, hiệu suất lưới điện, lợi ích kinh tế và lợi ích xã hội; [5] đã đề xuất một ý tưởng mới về quy hoạch LVIDN trên cơ sở tối ưu công suất cung cấp điện, giúp khai thác triệt để cơ sở hạ tầng hiện có; [6] tập trung phân tích khả năng nhiều đơn vị đồng thời tham gia đầu tư vào thị trường điện phân phối nhằm đề xuất một mô hình có khả năng đánh giá toàn diện dựa trên khả năng điều phối của các đơn vị; [1] đã thiết lập một hệ thống đánh giá cho LVIDN trung và hạ áp, đồng thời đề xuất một phương pháp đánh giá kết hợp phương pháp phân tích hệ số tương quan và phương pháp bình phương cực tiểu để đưa ra giải pháp tối ưu cho các bên liên quan khác nhau trong LVIDN.

2.2. Nghiên cứu vận hành LVIDN

Vận hành tối ưu LVIDN là một trong những vấn đề quan tâm hàng đầu của nhiều quốc gia trên thế giới. Theo [7], Mỹ đã triển khai nghiên cứu về kiểm soát LVIDN theo ba nhóm chính như sau: 1/ Triển khai hệ thống cảm biến và điều khiển tự động cho công tắc, tụ điện và máy biến áp tự động. 2/ Phát triển hệ thống đồng hồ thông minh, hệ thống thông

tin liên lạc và dữ liệu đo của họ trên hệ thống quản lý. 3/ Triển khai giao diện điều khiển tại gia đình kết hợp bộ điều khiển thông minh và công người dùng để có khả năng thu thập và kiểm soát thông tin tối ưu nhất.

Một số quốc gia EU đã thực hiện các công việc nghiên cứu sau đây [8]: sử dụng hệ thống các nguồn phân tán linh hoạt tích hợp chúng vào mạng lưới quản lý năng lượng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện; nghiên cứu về cấu trúc tối ưu mạng điện phân phối, hệ thống trạm sạc thông minh và cấu hình hệ thống thông tin liên lạc để truy cập hệ thống điều khiển xe điện (EV) và công nghệ nối lưới (Vehicle to Grid -V2G). Một số nghiên cứu khác tập trung phát triển hệ thống đo và quản lý dữ liệu thông minh.

Tại Việt Nam [9], Đề án Phát triển lưới điện thông minh đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 1670/QĐ-TTg ngày 8/11/2012. Mục tiêu tổng quát của đề án là “Phát triển lưới điện thông minh với công nghệ hiện đại nhằm nâng cao chất lượng điện năng, độ tin cậy cung cấp điện; góp phần trong công tác quản lý nhu cầu điện, khuyến khích sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; tạo điều kiện nâng cao năng suất lao động, giảm nhu cầu đầu tư vào phát triển nguồn và lưới điện; tăng cường khai thác hợp lý các nguồn tài nguyên năng lượng, đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển kinh tế - xã hội bền vững”.

2.3. Nghiên cứu truyền thông

Giao tiếp khu vực trong LVDN hiện có chủ yếu dựa trên các sóng ngắn và mạng không dây. Truyền thông cáp quang cũng được sử dụng ở các khu vực đô thị nơi điều kiện riêng cho phép [10]. Để đảm bảo các thông số của LVIDN được truyền tải một cách chính xác, hệ thống truyền thông cần đáp ứng các điều kiện về: độ tin cậy cao, đảm bảo đáp ứng thời gian thực, bảo mật và luồng thông tin là hai chiều [11]. Nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng thách thức chính của hệ thống truyền thông trong LVIDN hiện nay là thiếu các tiêu chuẩn thống nhất, ảnh hưởng đến việc tích hợp đồng bộ các thiết bị đo, thiết bị năng lượng thông minh và năng lượng tái tạo. Nghiên cứu [12] đề xuất kiến trúc truyền thông của LVIDN đa dịch vụ tích hợp dựa trên mạng IP hiện tại và mô hình hóa, phân tích các luồng dữ liệu đồng thời tiến hành giám sát video. Tính toán

luồng dữ liệu phù hợp với xu hướng phát triển trong tương lai của mạng phân phối thông minh. Tương tự, [13] dựa trên tiêu chuẩn IEC 61850 và phần mềm mô phỏng mạng đa giao thức nguồn mở (Objective Modular Network Testbed in C++, OMNeT++) đã thiết lập một nền tảng mô phỏng mạng truyền thông có lưu lượng cao và các lớp dịch vụ phù hợp với LVIDN. [14] đã thực hiện một thử nghiệm dựa trên hệ thống truy cập băng thông rộng không dây tiến hóa phân chia theo thời gian (Time Division Long Term Evolution, TD-LTE) và đề xuất một giải pháp mạng đa tần số. [15] dựa trên giao thức lớp điều khiển truy cập phương tiện (Media Access Control, MAC) và tiêu chuẩn IEEE 802.15.4, đã nghiên cứu mô hình QoS-MAC của cơ chế truy cập kênh giới thiệu hỗ trợ chất lượng dịch vụ (Quality of Service, QoS) thực hiện các mức độ ưu tiên khác nhau. Mô hình truyền dữ liệu của mạng cảm biến không dây (wireless sensor networks, WSN) cải thiện khả năng đáp ứng thời gian thực, độ tin cậy truyền dữ liệu và đáp ứng tốt các thông số kỹ thuật dữ liệu truyền thông của LVIDN.

3. Các đặc điểm cốt lõi

Hầu hết các tài liệu đề cập nêu trên đều tập trung vào lý thuyết và kinh nghiệm thực tế trong quy hoạch, vận hành và truyền thông mạng phân phối thông minh điện áp thấp, nhưng kết quả nghiên cứu của họ chưa đáp ứng đầy đủ nhu cầu phát triển hiện nay [16].

Các thuộc tính của mạng điện phân phối áp hạ truyền thống tương đối đơn giản, đó là: phân phối năng lượng điện cho người dùng, không có gì trong mạng có thể được kiểm soát và cần phải kiểm soát. Do đó, yêu cầu của người sử dụng đơn giản chỉ là truyền tải điện đến đường dây. Tuy nhiên, với việc sử dụng ngày càng nhiều tài nguyên nguồn có thể điều khiển phía người dùng (hoặc tài nguyên có thể kiểm soát có điều kiện) như quang điện, lưu trữ năng lượng và xe điện (electric vehicles, EV), các thiết bị điều khiển như công tắc giao thông, công tắc nhánh và thiết bị điều chỉnh điện áp trong mạng cần phải có một hệ thống phù hợp để vận hành và quản lý LVDN không lỗi.

LVIDN trong tương lai cần có 5 tính năng cốt lõi sau: 1/ Trực quan hóa quản lý vận hành và bảo trì; 2/ Phương pháp vận hành linh hoạt; 3/ Điều khiển khu vực thông minh; 4/ Tương tác

manh với người dùng; 5/ Khả năng tích hợp các kênh thông tin khác.

3.1. *Thực quan hóa quản lý vận hành và bảo trì*

Quản lý vận hành và bảo trì LVIDN gồm hai cấp độ: thực quan tĩnh và thực quan động.

Thực quan tĩnh: Thực quan hóa cấu trúc liên kết mạng. Trên cơ sở cấu trúc liên kết logic của người sử dụng, tiến hành thực quan hóa thông tin hệ thống thiết bị bao gồm: số thiết bị, mô hình, năm vận hành, thời gian hoạt động, v.v. Thậm chí còn có thể định vị chính xác vị trí của chúng thông qua công nghệ hệ thống định vị toàn cầu (Global positioning system, GPS) - được sử dụng để thu được thông tin kinh độ và vĩ độ có độ chính xác cao của thiết bị và bản đồ hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System, GIS) của LVIDN.

Thực quan động: 1/ Thực quan hóa hệ thống phân phối dòng điện dựa trên thông tin được thu thập bởi thiết bị đo thông minh, công suất và dòng công suất của từng nhánh được tính toán và hiển thị thực quan và cập nhật dữ liệu theo thời gian thực. 2/ Thực quan hóa tình trạng thiết bị dựa trên công nghệ giám sát và cảm biến tiên tiến, theo dõi thời gian thực về nhiệt độ môi trường, độ ẩm, khối, mực nước và thông tin hình ảnh của chúng.

3.2. *Vận hành linh hoạt*

Trong những năm gần đây, mô hình LVIDN ngày càng trở nên phức tạp với tỷ lệ ngày càng tăng của các thành phần kết nối lưới điện hạ áp như: (Distributed Generation, DG), EV, lưu trữ năng lượng và tải linh hoạt [17]. Để đảm bảo sự an toàn, tin cậy tính kinh tế của LVIDN, sự phát triển thông minh của nó phải có các đặc tính linh hoạt hoạt động, chủ yếu phản ánh hoạt động tối ưu hóa trong điều kiện bình thường và có khả năng kiểm soát tự phục hồi trong điều kiện sự cố.

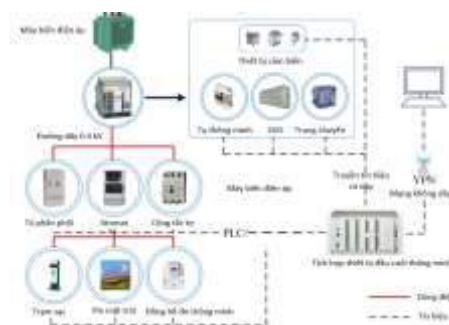
Hoạt động tối ưu hóa trong điều kiện bình thường bao gồm: 1/ Điều khiển phối hợp tối ưu hóa các thiết bị điều chỉnh công suất tác dụng và phản kháng. Hoạt động của các mạng phân phối điện áp thấp thường thiếu sự quản lý tích cực và dễ gây ra các vấn đề như suy giảm nguồn cung cấp điện và chất lượng điện năng bởi kết nối lưới quy mô lớn của nguồn phân tán DG [18]. Bằng cách thực hiện điều khiển phối hợp chủ động với các thiết bị có thể điều chỉnh như tụ điện, DG, thiết bị lưu

trữ năng lượng, EV và tải linh hoạt, hoạt động của hệ thống được tối ưu hóa nhằm đảm bảo an toàn cho việc cung cấp năng lượng. 2/ Phối hợp điều khiển các thiết bị chuyển mạch thông minh. Trong hoạt động ổn định, bằng cách điều khiển các khí cụ kết nối thanh cái điện hạ áp để chuyển đổi nhằm đạt được hoạt động kinh tế của máy biến áp ở các mức tải khác nhau, điều chỉnh chuyển mạch để đạt được phân phối tải pha - pha và giảm mất cân bằng pha hoặc sử dụng các thiết bị tự động đóng cắt để thay đổi cấu trúc nhằm cải thiện độ tin cậy của nguồn cung cấp.

Kiểm soát tự phục hồi trong trạng thái sự cố chủ yếu bao gồm: Cách ly chính xác sự cố đường dây. Việc cách ly chính xác các sự cố đường dây làm giảm phạm vi tổn thất điện năng và nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

3.3. *Điều khiển thông minh*

Kế hoạch vận hành tối ưu hệ thống cần phải căn cứ trên toàn bộ cơ sở dữ liệu thu thập được một cách thống nhất và xử lý chúng sau đó gửi lệnh đến từng thiết bị có khả năng điều khiển. Vấn đề đặt ra là lượng tương tác dữ liệu lớn cần một cấu hình xử lý cao. Mặt khác, nếu trạm chủ ở xa và trong trường hợp bị xâm phạm, nó sẽ khiến toàn bộ các trạm bị mất kiểm soát, ảnh hưởng nghiêm trọng đến bảo mật của LVIDN và độ tin cậy cung cấp điện. Để giải quyết vấn đề này, hệ thống kiểm soát của LVIDN phải có khả năng điều khiển thông minh. Với sự trợ giúp của công nghệ điện toán, điều khiển cục bộ và ra quyết định cục bộ được áp dụng để thực hiện điều khiển phối hợp các thiết bị nhằm giảm áp lực truyền thông tin và cải thiện bảo mật điều khiển [19]. Sơ đồ điều khiển cụ thể được hiển thị trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ điều khiển phân vùng của LVIDN

3.4. *Tương tác người dùng*

Cùng với sự phát triển không ngừng của Internet năng lượng và sự biến đổi liên tục của thị trường điện, DG, lưu trữ năng lượng, EV..., phụ tải (sử dụng điện) đang dần trở thành nhà cung cấp (bán điện). Để đáp ứng nhu cầu năng lượng đa dạng của người dùng, cung cấp dịch vụ chất lượng cao và nâng cao hiệu quả sản xuất năng lượng, điện năng của LVIDN phải có các tính năng tương tác để tạo ra các thông tin hai chiều [17]. Được hỗ trợ bởi cơ sở hạ tầng đo tiên tiến (Advanced Metering Infrastructure, AMI) [20] và công nghệ thiết bị đầu cuối thông minh, sự tương tác của mức tiêu thụ điện năng của người dùng trong LVIDN chủ yếu bao gồm đáp ứng nhu cầu tải (Demand Respond, DR), quản lý năng lượng nhà thông minh, DG và điều khiển lưu trữ năng lượng tích cực.

Trong số đó, DR đề cập đến hành vi tham gia thị trường của người dùng phản ứng với thông tin giá điện hoặc cơ chế khuyến khích và thay đổi thói quen tiêu thụ điện truyền thống, bao gồm thiết lập giá điện theo thời gian, giá điện cao điểm, giá điện thời gian thực. Quản lý năng lượng nhà thông minh đề cập đến việc thu thập và truyền thông tin năng lượng người dùng theo thời gian thực thông qua thiết bị đầu cuối tương tác điện thông minh, cảm biến và Internet sử dụng các công nghệ như "Internet +", điện toán đám mây. Kiểm soát chủ động DG và lưu trữ năng lượng có nghĩa là người vận hành hoặc người dùng chủ động kiểm soát đầu ra của DG và lưu trữ năng lượng theo thông tin giá điện hoặc các yêu cầu pháp lý khác do công ty điện lực ban hành để thúc đẩy tiêu thụ năng lượng tái tạo hiệu quả, an toàn.

3.5. Kênh thông tin kết hợp

Việc tích hợp các kênh thông tin của LVIDN chủ yếu bao gồm tích hợp bốn mạng gồm: mạng viễn thông, mạng máy tính (Internet), mạng vô tuyến truyền hình (mạng truyền hình cáp) và lưới điện thông qua công nghệ cáp quang [21]. Thông tin tập hợp các loại dữ liệu được đo bởi các thiết bị đo năng lượng điện, đồng hồ nước, đồng hồ khí gas và đồng hồ nhiệt thông qua hệ thống thu thập thống nhất và các thiết bị đầu cuối. Tuy nhiên, các giao thức truyền thông hiện tại cho các thiết bị đo hiện tại không đồng nhất và khó có thể hỗ trợ các yêu cầu của người sử dụng.

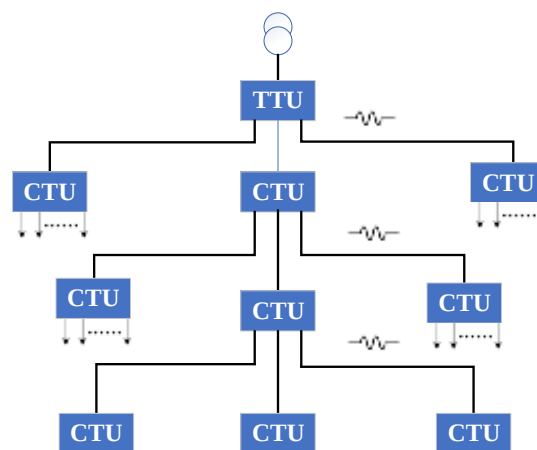
4. Công nghệ chính của LVIDN

Dựa trên các tính năng cốt lõi và mục tiêu xây dựng của LVIDN đã đề cập ở trên, phần này sẽ phân loại và thảo luận về 12 công nghệ chính để phát triển nó trong ba khía cạnh giám sát thông minh lưới điện, dịch vụ tương tác người dùng và giao tiếp. Đồng thời, tiến hành phân tích những thách thức mà LVIDN phải đối mặt trong tình hình mới, đẩy nhanh tốc độ đạt được sự thông minh và hiện đại hóa.

4.1. Các công nghệ chính giám sát thông minh cho lưới điện

Các công nghệ chính để giám sát thông minh lưới điện chủ yếu gồm: công nghệ nhận dạng tự động cấu trúc liên kết lưới, công nghệ giám sát thông minh tích hợp, công nghệ tự động phân phối điện, và nhận dạng tình huống.

4.1.1. Công nghệ nhận dạng tự động cấu trúc liên kết LVIDN



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc liên kết mạng phân phối điện hạ áp

Công nghệ này đề cập đến việc lắp đặt thiết bị đầu cuối giám sát máy biến áp phân phối (distribution transformer supervisory terminal unit, TTU). Công nghệ này cho phép thu thập các tín hiệu công suất tần số thấp được truyền bởi đơn vị truyền thu (Collect Transfer Unit, CTU) tương ứng sử dụng công nghệ lấy mẫu nhanh, có độ chính xác cao. TTU và CTU để phát hiện đồng bộ các tín hiệu đặc trưng để đánh giá mối quan hệ logic, mối quan hệ trước - sau và mối quan hệ song song của các nút liên kết mạng như trong hình 2.

Việc hiện thực hóa công nghệ nhận dạng tự động của cấu trúc LVIDN có lợi cho việc mở rộng các chức năng như xác định vị trí, cách ly sự cố chính xác và tăng cường khả năng quản lý. Ngoài ra, chúng kết hợp với thông tin

vĩ độ, kinh độ chính xác cao của từng thiết bị và thông tin kỹ thuật của đường dây để thiết lập và cải thiện bản đồ GIS của LVIDN. Tuy nhiên, do sự thay đổi thời gian thực trong trạng thái vận hành của LVIDN, trở kháng của đường dây phụ thuộc vào nhiệt độ, điều này gây khó khăn cho việc xác định độ dài thực tế. Đồng thời, để có thể tự động nhận dạng cấu trúc liên kết, cần bổ sung một số lượng lớn các đơn vị giám sát, điều này không chỉ làm tăng vốn đầu tư, mà còn làm giảm độ tin cậy của thiết bị. Làm thế nào để tích hợp mô-đun từng đơn vị giám sát vào thiết bị ban đầu và kết hợp để tạo ra một loại thiết bị đầu cuối giám sát mới có khả năng tích hợp cao, đa chức năng, an toàn, đáng tin cậy và giá rẻ là hướng nghiên cứu trong tương lai.

4.1.2. Công nghệ giám sát thông minh tích hợp

Công nghệ này dựa trên thiết bị đầu cuối giám sát thông minh tích hợp trong khu vực trạm chỉ huy kết hợp với công nghệ điện toán đám mây và các công nghệ khác để thu thập thông tin, đánh giá và điều khiển phối hợp. Dựa vào công nghệ điện toán có thể giảm áp lực liên lạc của trạm chủ và cải thiện khả năng tự chủ của trạm. Công nghệ điện toán có thể thực hiện quản lý linh hoạt tài nguyên máy chủ, nâng cao hiệu quả và đáp ứng nhu cầu hiển thị trực quan về trạng thái hoạt động của các trạm phân phối điện hạ áp. Vì lý do này, làm thế nào để triển khai lưu trữ linh hoạt, quy mô lớn và tăng cường khả năng tính toán cục bộ, phối hợp hiệu quả tích hợp liên mạch giữa các thiết bị điện toán đám mây và cải thiện các đặc tính thông minh của các thiết bị đầu cuối là hướng nghiên cứu trong tương lai.

4.1.3. Công nghệ tự động phân phối

Công nghệ này sử dụng thiết bị thông minh để phân phối điện kết hợp hệ thống thu thập, giám sát và kiểm soát dữ liệu (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA), hệ thống tự động hóa phân phối và hệ thống tự động cấp nguồn để thu thập, giám sát, kiểm soát và bảo vệ hệ thống điện phân phối hạ áp. Trong đó, hệ thống SCADA chịu trách nhiệm thu thập và hiển thị dữ liệu vận hành thời gian thực của LVIDN và thực hiện chức năng điều khiển thiết bị thông qua giao tiếp từ xa. Hệ thống tự động hóa máy biến áp phân phối chịu trách nhiệm giám sát, điều khiển và bảo

vệ tự động bao gồm quản lý mất cân bằng ba pha, bù công suất phản kháng và tối ưu hóa chất lượng điện năng. Hệ thống tự động trung chuyển chịu trách nhiệm giám sát, điều khiển và bảo vệ tự động các đường dây từ máy biến áp phân phối đến phía người dùng, bao gồm thu thập dữ liệu, giám sát thiết bị trong điều kiện bình thường và sự cố. Tuy nhiên, hiện vẫn có một số lượng lớn thiết bị phân phối điện áp thấp thiếu đồng nhất về tiêu chuẩn truyền thông. Vấn đề này cần được giải quyết sớm nhằm hoàn thiện và ứng dụng rộng rãi công nghệ tự động phân phối điện hạ áp.

4.1.4. Nhận thức tình huống và công nghệ hướng dẫn tình huống

Nhận thức tình huống tốt giúp hệ thống có khả năng kiểm soát toàn diện và chính xác tình trạng hoạt động của LVIDN và hướng dẫn nó để cải thiện khả năng kiểm soát của mạng thông minh. Tối ưu hóa cấu hình của các loại thiết bị giám sát và thu thập dữ liệu từ góc độ tín hiệu vào - ra và cải thiện hiệu quả quan sát, kiểm soát của mạng phân phối dựa trên công nghệ dữ liệu lớn (Big Data) giúp hệ thống phát hiện ra thực trạng vận hành của mạng phân phối, đánh giá trạng thái của thiết bị và toàn mạng. Thông qua sự tương tác giữa các điều phối viên, hệ thống điều phối, thiết bị thông minh và người sử dụng, việc nâng cao khả năng điều khiển linh hoạt hệ thống phân phối điện cần tiếp tục được nghiên cứu.

4.2. Công nghệ chính của dịch vụ tương tác người dùng

Các công nghệ chính cho dịch vụ tương tác người dùng bao gồm: công nghệ giám sát tải không xâm nhập (Non-Intrusive Load Monitoring, NILM), công nghệ quản lý nhu cầu năng lượng (power Demand Side Management, DSM), công nghệ quản lý năng lượng thông minh cho gia đình hoặc cộng đồng, công nghệ V2G và nhu cầu điều tiết lưới điện.

4.2.1. Công nghệ NILM

Là một mạng phân phối thông minh ứng dụng công nghệ AMI (bản chất của NILM là phân rã tải). So với hệ thống giám sát tải xâm nhập, nó có ưu điểm là chi phí kinh tế thấp và nhận được sự chấp nhận của người dùng cao. Công nghệ này bao gồm: hỗ trợ thu thập dữ liệu tiêu thụ điện của phụ tải, giám sát chất lượng điện năng và nhận dạng nguồn, phát hiện hoạt động DG và EV của người dùng.

4.2.2. Công nghệ DSM

DSM đề cập đến chế độ quản lý năng lượng đáp ứng nhu cầu tải dựa trên thông tin giá điện hoặc cơ chế khuyến khích và có chức năng phân bổ tối ưu hóa nguồn năng lượng. Công nghệ chính của nó bao gồm công nghệ đo lường tiên tiến, công nghệ điều khiển thông minh và công nghệ nền tảng DSM. Trong số đó, AMI có thể nhận ra việc thu thập, lưu trữ và phân tích thông tin người dùng theo thời gian thực, tạo cơ sở cho các ứng dụng DSM tiếp theo. Cách tích hợp và tối ưu hóa nhiều loại tài nguyên DR và cải thiện tính linh hoạt năng lượng là hướng phát triển trong tương lai.

4.2.3. Công nghệ quản lý năng lượng thông minh cho gia đình hoặc cộng đồng

Việc xây dựng các cộng đồng tiêu thụ năng lượng thông minh là một cách thức quan trọng để cải thiện năng lực phục vụ và mức độ thông minh của LVIDN. Đây cũng là một hướng đi quan trọng trong việc triển khai mô hình nền kinh tế năng lượng giảm thiểu phát thải carbon. Công nghệ chính gồm các chức năng thu thập thông tin điện năng, kiểm soát thiết bị, phản hồi sự cố, liên kết thiết bị và các chức năng khác. Việc quản lý tốt các thiết bị sử dụng năng lượng của gia đình hoặc cộng đồng là một lĩnh vực cần tiếp tục nghiên cứu, phát triển.

4.2.4. Công nghệ V2G xem xét nhu cầu điều tiết lưới điện

Theo chiến lược sạc/xả được thiết lập, công nghệ sẽ dựa trên tiền đề đáp ứng nhu cầu của người dùng EV và năng lượng điện còn lại sẽ tham gia vào hỗ trợ kiểm soát lưới điện. Nói cách khác chính là khả năng ứng dụng pin năng lượng của EV làm bộ lưu trữ năng lượng phân tán trong lưới. Một sơ đồ phối hợp V2G linh hoạt cho các tòa nhà văn phòng được trang bị các trạm sạc EV có thể giảm chi phí năng lượng cho các tòa nhà thông minh cỡ trung bình với hệ thống lưu trữ năng lượng quang điện và tích hợp. Do đó, ở chế độ V2G, EV được kết nối với lưới điện để đảm bảo độ tin cậy của việc sạc có trật tự của nó. Đây là phạm vi cần tiếp tục triển khai nghiên cứu thêm.

4.3. Công nghệ chính của truyền thông (bổ sung)

Mặc dù công nghệ giám sát thông minh của mạng phân phối điện áp thấp có thể nhận ra việc lọc, làm sạch, tối ưu hóa dữ liệu cục bộ

và giảm áp lực liên lạc của trạm phía cao áp, tuy nhiên, khu vực trạm điện hạ áp lại có số lượng thiết bị lớn, cấu trúc mạng phức tạp và môi trường khắc nghiệt. Điều này dẫn đến rất khó để đáp ứng các yêu cầu về độ tin cậy, độ ổn định và bảo mật của truyền thông nếu chỉ dựa vào một phương thức giao tiếp duy nhất. Bổ sung nhiều loại công nghệ truyền thông mới có thể đáp ứng các yêu cầu như: thu thập thông tin tiêu thụ năng lượng và tương tác dữ liệu một cách tốt hơn. Các công nghệ chính của truyền thông bổ sung chủ yếu bao gồm: công nghệ truyền thông mạng không đồng nhất đa chế độ đầu cuối, công nghệ mạng diện rộng công suất thấp (Low Power Wide Area Network, LPWAN), công nghệ thế hệ thứ 5 (5th-Generation, 5G) và công nghệ cáp quang điện áp thấp (Optical Fiber Composite Low-voltage Cable, OPLC).

4.3.1. Công nghệ truyền thông mạng khu vực dựa trên tính không đồng nhất của thiết bị đầu cuối

Các ứng dụng truyền thông điển hình trong LVDN thông qua dây dẫn điện hoặc các kênh phương tiện không dây. Các ứng dụng thông qua tối ưu hóa và tích hợp "mạng không đồng nhất" để hình thành một loạt các mô hình mạng truyền thông có khả năng hỗ trợ lẫn nhau và loại bỏ các "điểm mù" giao tiếp. Đồng thời, chúng có khả năng gửi và nhận, tự động chọn kênh tối ưu để đảm bảo độ tin cậy và thời gian thực của giao tiếp. Lợi thế lớn nhất của hệ thống này là khả năng tích hợp cao, giảm đáng kể mức tiêu thụ điện năng và thuận tiện trong vận hành, bảo trì sau này.

4.3.2. Công nghệ LPWAN

Internet băng thông hẹp (Narrow Band Internet of Things, NB-IoT) là đại diện của công nghệ LPWAN. Công nghệ LPWAN giải quyết vấn đề tiêu thụ năng lượng không tương thích và khoảng cách của công nghệ IoT truyền thống. Nó có thể cung cấp kết nối mạng đầu cuối cho các cảm biến có mặt khắp nơi và đáp ứng các yêu cầu liên lạc để giám sát toàn diện mạng phân phối điện áp thấp. LPWAN với mức tiêu thụ điện năng thấp, khoảng cách xa và vùng phủ sóng rộng giúp cho hoạt động minh bạch của mạng phân phối điện áp thấp có thể triển khai trên diện rộng.

4.3.3. Công nghệ 5G

Chức năng dịch vụ cốt lõi của mạng 5G bao gồm: Phân chia mạng vật lý thành nhiều loại

mạng ảo; Cung cấp các chức năng mạng phù hợp cho các kịch bản kinh doanh khác nhau, ví dụ: truyền thông di động băng rộng loại 1 (video cực rõ, thực tế ảo/ thực tế tăng cường). Công nghệ 5G sẽ đáp ứng nhu cầu thu thập dữ liệu phía người dùng cho các LVDN, tương tác đa tần số, đa nội dung và hai chiều trong tương lai.

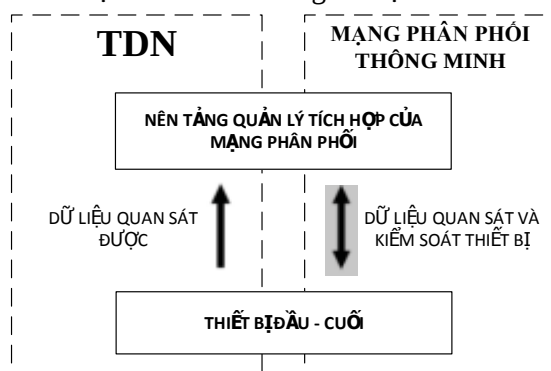
4.3.4. Công nghệ OPLC

OPLC là một trong những công nghệ quan trọng để hiện thực hóa việc xây dựng cáp quang cho gia đình và cộng đồng. Nó thực chất là hệ thống kết hợp cáp quang và cáp phân phối, tích hợp của các chức năng truyền tải điện và truyền thông. OPLC có khả năng thích ứng mạnh, khả năng mở rộng mạnh mẽ, công nghệ xanh, an toàn, khả năng thích ứng môi trường cao bởi hiệu suất vượt trội của bộ phận quang học tương thích với nhiệt độ hoạt động lâu dài của cáp điện.

5. Triển vọng phát triển

Gần đây, Tại Hội nghị Năng lượng Thông minh 2018, các học giả đã đề xuất khái niệm "lưới điện trong suốt" (Transparent distribution network, TDN), thông qua công nghệ thông tin, công nghệ máy tính, công nghệ truyền thông dữ liệu, công nghệ cảm biến, công nghệ điều khiển tự động, trí tuệ nhân tạo, Internet và các công nghệ khác. Ứng dụng toàn diện này làm cho hoạt động của lưới điện trở nên minh bạch và có thể đo lường được [18].

Các yếu tố của TDN là: sử dụng cảm biến thông minh nhỏ và siêu nhỏ, tự do hóa thu nhận năng lượng, thiết bị thông minh, hệ thống thứ cấp thông minh, nền tảng phần mềm mạnh mẽ và nền tảng dữ liệu lớn.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của LVTDN

Mở rộng khái niệm "lưới điện trong suốt" sang phạm vi mạng điện hạ áp, LVIDN sẽ thể hiện xu hướng phát triển minh bạch trong tương lai. Ý nghĩa của mạng điện phân phối trong suốt hạ áp (Low-Voltage Transparent Distribution Network, LVTDN) đề cập đến công nghệ Internet of Things, thu thập, nhận dạng và giám sát dữ liệu vận hành của thiết bị, phản ánh tập trung trên nền tảng trực quan hóa mạng phân phối, khả năng hiển thị trạng thái và dự đoán tình huống đầy đủ.

6. Kết luận

Mạng lưới điện phân phối hạ áp bao phủ một phạm vi rộng, liên quan chặt chẽ đến sinh kế và phát triển kinh tế của người dân. Đây là khâu có khả năng chuyển đổi và thông minh hóa cao. Nghiên cứu này đã giải quyết mấy vấn đề cốt lõi sau: 1/ Chỉ ra sự cần thiết và những điểm mấu chốt cần phát triển LVIDN; 2/ Đề cập và phân tích 12 công nghệ chính từ các khía cạnh giám sát thông minh lưới điện, dịch vụ tương tác người dùng và truyền thông bổ sung trong LVIDN; 3/ Giới thiệu khái niệm LVTDN - hình thức tiên tiến của sự phát triển trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. W. Zechen, Z. Fengzhan, and W. Jiahui, "Gridding evaluation index system and method of MV and LV intelligent distribution network," *Power System Technology*, vol. 40, no. 1, pp. 249-255, 2016.
- [2]. N. An, "EVN: more than 68% of households consume less than 200 kWh", 2019. [Online]. Available: <https://tuoitre.vn/evn-hon-68-ho-tieu-thu-dien-xai-duoi-200-kwh-20190502163601401.htm>, [Accessed March 2020].
- [3]. F. Mingtian, C. Qipeng, and Z. Zuping, "Analysis of the driving force and demand for the intelligent development of European distribution network," *Distribution & Utilization*, vol. 32, no. 1, pp. 51-55, 2015.
- [4]. Y. Lijun, W. Shuo, and L. Zhigang, "Indices of distribution network intelligent planning evaluation," *Power System Technology*, vol. 36, no. 12, pp. 83-87, 2012.
- [5]. X. Jun, L. Zhensheng, and Z. Yue, "A novel planning and operation mode for smart distribution networks based on total supply capability," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 36, no. 13, pp. 8-14, 2012.

- [6]. Z. Bo, L. Yingzi, and Z. Jianhua, "Comprehensive evaluation model and method for smart distribution network planning under new electricity market layout," *Power System Technology*, vol. 40, no. 11, pp. 3309-3316, 2016.
- [7]. W. Chengshan, W. Dan, and Z. Yue, "Framework Analysis and Technical Challenges to Smart Distribution System," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 39, no. 9, pp. 2-9, 2015.
- [8]. F. Mingtian, C. Qipeng, and Z. Zuping, "Analysis of the driving force and demand for the intelligent development of European distribution network," *Distribution & Utilization*, vol. 32, no. 1, pp. 51-55, 2015.
- [9]. Vietnam Electricity (EVN), "Developing smart grid in Vietnam: Signals from EVN HCMC", 2014. [Online]. Available: "https://www.evn.com.vn/d6/news/Phat-trien-luoi-dien-thong-minh-tai-Viet-Nam-Tin-hieu-tu-EVN-HCMC-6-14-11725.aspx", [Accessed March 2020].
- [10]. W. Yirong, W. Yanru, and H. E. Yanhua, "Smart distribution communication network planning strategy based on optimal cost and network load," *Telecommunications Science*, vol. 33, no. 8, pp. 173-179, 2017.
- [11]. L. Jiatai, S. Zhenquan, and C. Ying, "Overview of development of communications technology for smart power distribution network," *Internet of Things Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 49-53, 2013.
- [12]. H. Fei, W. Xiaoru, and D. Xueyuan, "A simulation for smart distribution grid communication system based on EPOCHS," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 37, no. 11, pp. 81-86, 2013.
- [13]. S. Yi, L. Shihao, and L. Bin, "Communication network simulation platform design of intelligent power distribution based on IEC 61850," *Electric Power Construction*, vol. 37, no. 2, pp. 118-124, 2016.
- [14]. W. Min, R. Zhineng, and W. Hao, "Application research of TD-LTE system in the communication field of intelligent power distribution network," *Electric Power Information and Communication Technology*, vol. 12, no. 05, pp. 103-108, 2014.
- [15]. W. Jianping, X. Xue, and S. Wei, "QoS-MAC model of wireless sensor networks for smart distribution power grid data communication," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 38, no. 9, pp. 160-167, 2014.
- [16]. W. Chengshan, L. Peng, and Y. Hao, "Development and characteristic analysis of flexibility in smart distribution network," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 42, no. 10, pp. 13-21, 2018.
- [17]. Y. Linhao, L. Zehuai, and Z. Yongjun, "Review on operation and planning of distribution network in background of smart power utilization technology," *Electric Power Automation Equipment*, vol. 38, no. 5, pp. 154-163, 2018.
- [18]. Z. Qing, Y. Guangyuan, and Q. Changlong, "Study on selection and configuration principle of grounding mode in distribution network with distributed power supply," *Power Capacitor & Reactive Power Compensation*, vol. 39, no. 4, pp. 147-152, 2018.
- [19]. G. Gangjun, L. Anqin, and C. Zhimin, "Cyber physical system of active distribution network based on edge computing," *Power System Technology*, vol. 2018, no. 10, pp. 3128-3135, 2018.
- [20]. P. Xiangang, L. Zhuangmao, and D. Xiaokang, "Research on Advanced Metering Infrastructure under Smart Grid Framework," *Guangdong Electric Power*, vol. 30, no. 12, pp. 7-14, 2017.
- [21]. W. Chengshan, L. Peng, and Y. Hao, "Development and characteristic analysis of flexibility in smart distribution network," *Automation of Electric Power Systems*, vol. 42, no. 10, pp. 13-21, 2018.