NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ TRONG KỶ NGUYÊN MỚI: TRỤ CỘT CỦA NỀN KINH TẾ SỐ VÀ TƯƠNG LAI CÔNG NGHỆ

©2026 Tạp chí Khoa học Intracom
Số 2(2) tháng 6-2026
p-ISSN 3126-2708
https://intracomuni.edu.vn/

The Electrical and Electronics industry in the new era: a pillar of the digital economy and the future of technology

Vũ Quang Hậu[*], Phạm Văn Ba[**]

Ngày nhận bài: 26/12/2025, ngày gửi phản biện: 27/5/2026, ngày duyệt đăng: 01/6/2026

Tóm tắt

Trong bối cảnh Cách mạng Công nghiệp 4.0, ngành Điện - Điện tử đóng vai trò là "mạch máu" hạ tầng của nền kinh tế số, đóng góp quyết định vào sự phát triển của trí tuệ nhân tạo (AI), Internet vạn vật (IoT), tự động hóa và công nghệ bán dẫn. Bài báo tập trung phân tích toàn diện bốn xu hướng dịch chuyển công nghệ cốt lõi: hạ tầng năng lượng thông minh, công nghệ vi mạch nano, hệ thống nhà máy thông minh và sự hội tụ AIoT tại biên. Bằng phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống kết hợp tham vấn chuyên gia, nghiên cứu chỉ rõ thực trạng "khát" nhân lực trình độ cao tại Việt Nam trong "thập kỷ vàng" dịch chuyển chuỗi cung ứng toàn cầu. Từ đó, bài viết đề xuất hệ thống giải pháp chiến lược đồng bộ nhằm phát triển nguồn cung lao động chất lượng cao, đặc biệt là đội ngũ kỹ sư vi mạch và tự động hóa đa năng, đáp ứng tiêu chuẩn quốc tế.

Từ khóa

Điện - Điện tử, Kinh tế số, Tự động hóa, AIoT, Bán dẫn Việt Nam.

Abstract

In the Industry 4.0 era, Electrical and Electronics Engineering (EEE) serves as the fundamental infrastructure of the digital economy, driving breakthroughs in Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), automation, and semiconductor technology. This paper comprehensively analyzes four core technological transitions: smart energy infrastructure, nanochip and semiconductor technology, smart manufacturing systems, and edge AIoT convergence. Utilizing a systematic literature review combined with the Expert Delphi method, the study highlights the critical shortage of high-skilled labor in Vietnam during its "golden decade" of global supply chain relocation. Consequently, the paper proposes synchronous strategic solutions to develop high-quality human resources,

[*] Thạc sĩ, Trường Đại học Intracom; Tác giả liên hệ; Email: vuquanghau.intracomuni@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0009-7215-7131
[**] Thạc sĩ, Trường Đại học Intracom

specifically versatile semiconductor and automation engineers meeting international standards, thereby enhancing Vietnam's strategic position in the global value chain.

Keywords

Electrical and Electronics, Digital Economy, Automation, AIoT, Semiconductor Vietnam.

1. Giới thiệu

Bước vào thế kỷ XXI, cuộc Cách mạng Công nghiệp lần thứ tư (4.0) đang làm thay đổi sâu sắc nền kinh tế toàn cầu, nơi tri thức, dữ liệu và kết nối số trở thành nguồn lực chiến lược. Trong bối cảnh đó, ngành Điện - Điện tử không còn là lĩnh vực kỹ thuật phụ trợ mà đã trở thành nền tảng của nền kinh tế số. Các công nghệ như trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data), Internet vạn vật (IoT) hay điện toán hiệu năng cao đều phụ thuộc vào sự phát triển của phần cứng điện tử và hệ thống năng lượng thông minh.

Sự hội tụ giữa thế giới vật lý, số và sinh học đang tạo ra những thay đổi sâu sắc đối với ngành Điện - Điện tử trên ba phương diện chính:

Về hạ tầng năng lượng: áp lực từ biến đổi khí hậu và mục tiêu phát thải ròng bằng không (Net Zero) thúc đẩy chuyển đổi từ lưới điện truyền thống sang lưới điện thông minh (Smart Grid), tích hợp năng lượng tái tạo và hệ thống lưu trữ năng lượng, đòi hỏi các giải pháp điều khiển và cân bằng tải theo thời gian thực (Bộ Công thương Việt Nam, 2023; McKinsey & Company, 2023).

Về vi mạch bán dẫn: sự gia tăng mạnh mẽ của dữ liệu toàn cầu thúc đẩy đổi mới công nghệ bán dẫn với các cấu trúc nano, chip 3D và vật liệu mới như Graphene, GaN, SiC. Công nghệ bán dẫn ngày càng giữ vai trò quyết định trong chuỗi giá trị công nghệ toàn cầu (Thủ tướng Chính phủ Việt Nam, 2024).

Về sản xuất thông minh: Các nhà máy hiện đại đang chuyển sang tự động hóa toàn diện, ứng dụng robot, hệ thống nhúng và AI tại biên (Edge AI) (Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026; Võ Thu Hà, 2022). Máy móc không chỉ vận hành tự động mà còn có khả năng giao tiếp, phân tích và ra quyết định (Tạp chí Điện tử Công dân và Khuyến học, 2025).

1.1. Mục tiêu và câu hỏi nghiên cứu

Nghiên cứu hướng tới ba mục tiêu: *thứ nhất*, phân tích và hệ thống hóa bốn xu hướng công nghệ chủ đạo của ngành Điện - Điện tử hiện đại; *thứ hai,* đánh giá tác động của AI, IoT và tự động hóa đối với kiến trúc phần cứng điện tử; *và thứ ba*, phân tích thực trạng, nhu cầu nhân lực Điện - Điện tử/Bán dẫn tại Việt Nam và đề xuất giải pháp cho giáo dục đại học.

Các câu hỏi nghiên cứu gồm:

RQ1: Hạ tầng năng lượng, công nghệ vi mạch và mô hình sản xuất đang thay đổi như thế nào dưới tác động của số hóa?

RQ2: Sự hội tụ AI và IoT tại biên (AIoT) đặt ra những yêu cầu mới nào đối với năng lực thiết kế hệ thống nhúng?

RQ3: Những hạn chế của nguồn nhân lực Điện - Điện tử tại Việt Nam hiện nay là gì và mô hình liên kết nào phù hợp để khắc phục?

1.2. Khoảng trống nghiên cứu

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về lưới điện thông minh và công nghệ bán dẫn tại Việt Nam, phần lớn vẫn tập trung vào khía cạnh kỹ thuật hoặc kinh tế riêng lẻ. Hiện còn thiếu các nghiên cứu tiếp cận ngành Điện - Điện tử như một hệ sinh thái kỹ thuật - kinh tế tổng thể (Techno-Economic Ecosystem), trong đó sự phát triển công nghệ phần cứng gắn chặt với biến động của thị trường lao động trong kỷ nguyên số.

Bên cạnh đó, các nghiên cứu trước chưa cập nhật đầy đủ các dự báo chiến lược về nguồn nhân lực giai đoạn 2025 - 2026 (Báo Điện tử Dân trí, 2026; Báo Nhân Dân, 2026). Nghiên cứu này nhằm bổ sung khoảng trống đó, cung cấp cơ sở khoa học phục vụ nghiên cứu học thuật và công tác đào tạo nguồn nhân lực tại Việt Nam.

2. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cách tiếp cận nghiên cứu

Nghiên cứu tiếp cận ngành Điện - Điện tử dưới góc nhìn **hệ sinh thái kỹ thuật - kinh tế tích hợp (Integrated Techno-Economic Ecosystem)**, trong đó ngành được xem như một hệ thống động, liên tục tương tác với các xu hướng công nghệ số và mục tiêu phát triển bền vững. Cách tiếp cận dựa trên ba nguyên tắc:

Tiếp cận liên ngành (Interdisciplinary Approach), xem xét ngành Điện - Điện tử trong mối liên hệ với khoa học máy tính, khoa học dữ liệu và điều khiển tự động; phân tích các hệ thống như lưới điện thông minh và nhà máy thông minh trên cơ sở tích hợp giữa phần cứng và phần mềm điều khiển.

Tiếp cận theo chuỗi giá trị (Value Chain Approach), đánh giá toàn bộ chuỗi giá trị từ nghiên cứu phát triển (R&D), thiết kế vi mạch, chế tạo bán dẫn (Front-end), đóng gói - kiểm thử (Back-end) đến tích hợp sản phẩm, qua đó xác định vị thế và định hướng phát triển của Việt Nam trong chuỗi cung ứng toàn cầu (KPMG Global, 2023; Thủ tướng Chính phủ Việt Nam, 2024).

Tiếp cận hướng tương lai (Future-oriented Approach), tập trung vào các công nghệ có khả năng tạo đột phá trong 5 - 10 năm tới như vi mạch nano, điện toán biên (Edge Computing) và robot tích hợp AI nhằm đưa ra dự báo và đề xuất cho thị trường lao động và giáo dục đại học.

2.2. Quy trình phương pháp luận nghiên cứu

Nghiên cứu áp dụng quy trình bốn bước nhằm bảo đảm tính khách quan và độ tin cậy của kết quả:

Bước 1. Tổng quan tài liệu hệ thống (SLR): thu thập và phân tích các tài liệu học thuật, chiến lược và quy hoạch phát triển giai đoạn 2023 - 2026, bao gồm các văn bản của Chính phủ Việt Nam, báo cáo của các tổ chức quốc tế (McKinsey, KPMG) và các công trình thuộc danh mục Scopus, Web of Science, IEEE. Kết quả giúp xây dựng nền tảng lý thuyết

về lưới điện thông minh, công nghệ bán dẫn và Industry 4.0 (Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026; Võ Thu Hà, 2022).

Bước 2. Phân tích dữ liệu thứ cấp: khai thác số liệu từ các báo cáo lao động, kinh tế số của cơ quan quản lý nhà nước và các tổ chức công nghệ quốc tế giai đoạn 2025 - 2026 nhằm lượng hóa xu hướng phát triển nguồn nhân lực và dòng vốn FDI trong ngành Điện - Điện tử tại Việt Nam.

Bước 3. Phương pháp chuyên gia (Delphi): thực hiện hai vòng tham vấn với 15 chuyên gia gồm giảng viên khối kỹ thuật, giám đốc công nghệ doanh nghiệp FDI và chuyên gia hoạch định chính sách. Phương pháp này giúp hoàn thiện các nhận định định tính và đánh giá khoảng cách giữa đào tạo và nhu cầu thực tiễn.

Bước 4. Nghiên cứu tình huống (Case Study): phân tích các mô hình ứng dụng thực tế tại trung tâm điều độ hệ thống điện hiện đại và các nhà máy thông minh sử dụng robot tự hành của các tập đoàn công nghệ lớn tại Việt Nam (Báo Điện tử Dân trí, 2026; Báo Nhân Dân, 2026) nhằm minh chứng khả năng tiếp nhận và làm chủ công nghệ lõi.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hạ tầng năng lượng thông minh và sự dịch chuyển mô hình phân phối điện

Lưới điện truyền thống với mô hình phát điện tập trung và truyền tải một chiều đang bộc lộ nhiều hạn chế trước nhu cầu phụ tải ngày càng tăng, sự suy giảm nhiên liệu hóa thạch và yêu cầu phát triển bền vững. Trong bối cảnh đó, lưới điện thông minh (Smart Grid) được xem là giải pháp tất yếu.

Smart Grid là hệ thống tích hợp giữa hạ tầng điện lực và hạ tầng thông tin - viễn thông, cho phép dòng điện và dữ liệu tương tác hai chiều giữa nhà cung cấp và khách hàng. Hệ thống sử dụng các công nghệ như công tơ điện thông minh (Smart Meter), hệ thống đo lường diện rộng (WAMS) và cảm biến đo pha (PMU) để giám sát trạng thái, tần số và điện áp lưới theo thời gian thực (McKinsey & Company, 2023).

Thách thức lớn khi tích hợp năng lượng tái tạo như điện mặt trời và điện gió là tính biến động do phụ thuộc thời tiết, dễ gây mất ổn định tần số và điện áp. Để khắc phục, các hệ thống lưu trữ năng lượng bằng pin (BESS) được sử dụng nhằm tích trữ điện khi dư thừa và phát trở lại vào giờ cao điểm, góp phần ổn định hệ thống và cân bằng phụ tải (Bộ Công thương Việt Nam, 2023).

Bên cạnh đó, các trạm biến áp số hóa (Digital Substation) theo tiêu chuẩn IEC 61850 sử dụng cáp quang thay thế cáp đồng truyền thống, giúp nâng cao độ chính xác và khả năng chống nhiễu. Các hệ thống tự động hóa lưới điện phân phối (DAS) và quản lý nguồn năng lượng phân tán (DERMS) còn cho phép lưới điện có khả năng "tự chữa lành" (Self-healing), tự động cô lập sự cố và khôi phục cấp điện trong thời gian rất ngắn (Báo Điện tử Dân trí, 2026; Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026).

Sự chuyển dịch từ lưới điện truyền thống sang Smart Grid không chỉ nâng cao độ tin cậy vận hành mà còn mở ra nhu cầu lớn về nguồn nhân lực trong các lĩnh vực mô phỏng hệ thống điện, bảo vệ rơ-le số và điều độ lưới điện hiện đại.

Để làm rõ sự khác biệt giữa hai mô hình, Bảng 1 trình bày các đặc tính kỹ thuật cơ bản của lưới điện truyền thống và lưới điện thông minh.

Bảng 1. So sánh đặc tính kỹ thuật giữa lưới điện truyền thống và lưới điện thông minh (Cập nhật giai đoạn 2025 - 2026)

Đặc tính kỹ thuật	Lưới điện truyền thống	Lưới điện thông minh (Smart Grid)
Cấu trúc dòng công suất	Tập trung, truyền tải một chiều từ nhà máy đến hộ tiêu thụ	Phân tán, tương tác hai chiều, tích hợp đa nguồn năng lượng sạch
Tích hợp năng lượng tái tạo	Hạn chế, gây khó khăn lớn trong việc kiểm soát tính ổn định tần số	Thích ứng cao nhờ hệ thống quản lý nguồn phân tán (DERMS) và BESS
Hệ thống giám sát	Thủ công hoặc dựa trên SCADA truyền thống với chu kỳ quét chậm	Số hóa toàn diện, giám sát theo thời gian thực nhờ PMU và WAMS
Cơ chế xử lý sự cố	Khắc phục thủ công, tốn nhiều thời gian dò tìm vị trí lỗi trên tuyến dây	Tự động hóa hoàn toàn nhờ công nghệ phản ứng "tự chữa lành" (Self-healing)
Tương tác với người dùng	Thụ động, người dùng chỉ biết lượng điện tiêu thụ qua hóa đơn cuối tháng	Chủ động, tương tác hai chiều qua cơ chế giá điện thời gian thực (Dynamic Pricing)

Nguồn: Tổng hợp từ báo cáo McKinsey & Company, 2023; và Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026

3.2. Cuộc cách mạng vật liệu bán dẫn và công nghệ vi mạch nano

Nếu năng lượng là nguồn sống của nền kinh tế số thì vi mạch bán dẫn chính là bộ não điều khiển toàn bộ hệ thống. Cuộc đua công nghệ bán dẫn hiện nay không chỉ mang ý nghĩa thương mại mà còn gắn với an ninh quốc gia và chủ quyền công nghệ.

Sự phát triển của ngành điện tử gắn liền với khả năng thu nhỏ kích thước transistor. Hiện nay, các nhà máy bán dẫn hàng đầu đã thương mại hóa công nghệ 3 nm và 2 nm, tiến gần tới giới hạn vật lý của vật liệu silicon. Ở quy mô này, các hiệu ứng lượng tử như hiện tượng đường hầm (Quantum Tunneling) gây rò rỉ dòng điện và tăng nhiệt lượng, tạo ra thách thức lớn trong thiết kế vi mạch.

Để vượt qua giới hạn đó, ngành bán dẫn đang chuyển dịch theo hai hướng chính (KPMG Global, 2023):

Về cấu trúc linh kiện: Công nghệ FinFET dần được thay thế bởi GAAFET (Gate-All-Around FET), cho phép kiểm soát dòng điện tốt hơn, giảm điện áp hoạt động và nâng cao hiệu suất năng lượng.

Về vật liệu: Các chất bán dẫn vùng cấm rộng như Gallium Nitride (GaN) và Silicon Carbide (SiC) có khả năng làm việc ở điện áp, nhiệt độ và tần số cao hơn silicon truyền thống. Đây là nền tảng cho xe điện, trạm sạc siêu nhanh và các hệ thống điện tử công suất cao.

Bên cạnh đó, công nghệ đóng gói tiên tiến (Advanced Packaging) như Chiplet, System in Package (SiP) và tích hợp 3D-IC cho phép kết nối nhiều khối chức năng (CPU, GPU, RAM) trên cùng một nền tảng. Giải pháp này giúp giảm độ trễ, tăng băng thông và mở rộng khả năng phát triển các bộ tăng tốc AI, thiết bị y sinh thông minh và hệ thống điều khiển hàng không vũ trụ (IEEE, 2023).

3.3. Tự động hóa, hệ thống cơ điện tử và nhà máy thông minh

Sự phát triển của công nghệ số đang thay đổi căn bản mô hình sản xuất công nghiệp, đưa các nhà máy truyền thống chuyển đổi sang mô hình nhà máy thông minh (Smart Factory) trong kỷ nguyên Công nghiệp 4.0 (IEEE, 2023).

Nền tảng kỹ thuật của nhà máy thông minh gồm bốn tầng chính:

1. **PLC**: Điều khiển trực tiếp các thiết bị và quá trình sản xuất.
2. **SCADA**: Thu thập, giám sát và hiển thị dữ liệu vận hành qua giao diện HMI.
3. **MES**: Điều phối sản xuất và quản lý chất lượng theo thời gian thực.
4. **ERP**: Kết nối dữ liệu sản xuất với quản trị doanh nghiệp và chuỗi cung ứng.

Điểm khác biệt của Smart Factory là khả năng kết nối toàn diện và tự thích ứng. Thông qua mạng Internet vạn vật công nghiệp (IIoT), các thiết bị, robot, băng tải và vật tư đều được số hóa, tích hợp cảm biến và có khả năng giao tiếp máy - máy (M2M), tự động phối hợp hoạt động mà không cần can thiệp thường xuyên của con người (Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026).

Sự xuất hiện của robot công nghiệp, robot tự hành (AGV/AMR), robot hợp tác (Cobot) và robot hình người tích hợp AI đã nâng cao đáng kể năng suất và tính linh hoạt sản xuất. Các hệ thống này sử dụng thị giác máy tính, mạng nơ-ron sâu và cảm biến thông minh để nhận dạng môi trường, tránh vật cản, định tuyến và thực hiện các thao tác lắp ráp chính xác (Báo Điện tử Dân trí, 2026).

Trong bối cảnh đó, vai trò của kỹ sư Điện - Điện tử chuyển từ bảo trì thiết bị sang thiết kế và kiến trúc hệ thống. Họ đảm nhiệm việc xây dựng mạng truyền thông công nghiệp (Profinet, EtherCAT), phát triển thuật toán điều khiển, xây dựng mô hình Digital Twin và tối ưu hóa hoạt động của toàn bộ nhà máy.

Để minh họa sự khác biệt giữa tự động hóa truyền thống và nhà máy thông minh, Bảng 2 trình bày tiến trình phát triển từ các hệ thống tự động hóa cục bộ đến mô hình Smart Factory tích hợp toàn diện.

Bảng 2. Tiến trình phát triển từ tự động hóa truyền thống đến nhà máy thông minh

Tiêu chí so sánh	Tự động hóa truyền thống (Automation)	Nhà máy thông minh (Smart Factory)
Bản chất hệ thống	Cơ khí hóa, tự động hóa cục bộ theo các kịch bản cố định, cô lập	Kết nối vạn vật, số hóa toàn diện, tự thích ứng trực tuyến theo thời gian thực
Vai trò của Robot	Vận hành độc lập trong lồng bảo vệ cố định, thực hiện tác vụ đơn điệu	Robot hợp tác (Cobot), robot tự hành (AMR), robot hình người tích hợp AI

Quản lý dữ liệu	Cô lập tại từng máy riêng lẻ (Data Silos), lưu trữ ngắn hạn và cục bộ	Dòng chảy dữ liệu xuyên suốt từ cảm biến hiện trường lên hệ thống điện toán đám mây
Phương thức bảo trì	Bảo trì định kỳ theo thời gian hoặc bảo trì thụ động sau khi xảy ra sự cố hỏng hóc	Bảo trì dự đoán trước (Predictive Maintenance) dựa trên AI phân tích dữ liệu cảm biến rung, nhiệt
Tính linh hoạt sản xuất	Thấp, tốn nhiều chi phí và thời gian dừng máy khi cần thay đổi mẫu mã sản phẩm	Cực cao, cấu hình lại toàn bộ dây chuyền bằng phần mềm, đáp ứng xu hướng cá nhân hóa sản phẩm

Nguồn: IEEE, 2023; Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay, 2026

3.4. Sự hội tụ giữa AI, IoT và Hệ thống nhúng tại biên

Một xu hướng quan trọng của ngành Điện - Điện tử là sự hội tụ giữa AI, IoT và hệ thống nhúng, hình thành khái niệm **AIoT (Artificial Intelligence of Things)**. Trong mô hình IoT truyền thống, dữ liệu từ cảm biến được gửi về đám mây để xử lý, nhưng cách tiếp cận này gặp nhiều hạn chế về băng thông, độ trễ và bảo mật khi số lượng thiết bị kết nối tăng nhanh.

Giải pháp hiện nay là **điện toán biên (Edge Computing)** hay **Edge AI**, đưa khả năng xử lý AI đến gần nơi phát sinh dữ liệu thông qua các bộ tăng tốc phần cứng như NPU tích hợp trên các hệ thống nhúng tiêu thụ điện năng thấp.

Nhờ đó, camera giao thông có thể nhận diện biển số và điều khiển tín hiệu đèn theo thời gian thực; cảm biến môi trường có thể dự báo ô nhiễm cục bộ; thiết bị đeo y tế có thể phân tích điện tâm đồ, phát hiện sớm nguy cơ đột quỵ hoặc nhồi máu cơ tim. Sự hội tụ AI, IoT và hệ thống nhúng đang biến các thiết bị điện tử thành những hệ thống thông minh có khả năng nhận thức và ra quyết định tại chỗ (Tạp chí Điện tử Công dân và Khuyến học, 2025).

3.5. Thực trạng, cơ hội và giải pháp phát triển nguồn nhân lực Điện - Điện tử tại Việt Nam

3.5.1. Thực trạng nguồn nhân lực

Sự dịch chuyển của chuỗi cung ứng công nghệ toàn cầu đang tạo cơ hội lớn cho Việt Nam trở thành trung tâm sản xuất điện tử và bán dẫn của khu vực. Các khu công nghệ cao, trung tâm nghiên cứu cùng Chiến lược phát triển công nghiệp bán dẫn đến năm 2030, tầm nhìn 2050 đặt mục tiêu đào tạo ít nhất 50.000 kỹ sư chất lượng cao (Thủ tướng Chính phủ Việt Nam, 2024).

Tuy nhiên, nguồn nhân lực vẫn là nút thắt lớn nhất. Thị trường lao động hiện nay thừa lao động ở khâu lắp ráp nhưng thiếu nghiêm trọng kỹ sư thiết kế vi mạch, R&D, hệ thống nhúng và tự động hóa. Nhiều chương trình đào tạo còn nặng lý thuyết, thiếu trang thiết bị hiện đại và chưa theo kịp nhu cầu doanh nghiệp. Sinh viên tốt nghiệp thường hạn chế về thực hành, tư duy thiết kế hệ thống, sử dụng công cụ EDA, ngoại ngữ và kỹ năng làm việc trong môi trường quốc tế.

3.5.2. Hệ thống giải pháp chiến lược

Để phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao cần triển khai đồng bộ bốn giải pháp:

Hiện đại hóa chương trình đào tạo theo hướng liên ngành, tích hợp điện tử, phần mềm, dữ liệu và điều khiển; cập nhật các công nghệ như AIoT, Smart Grid, GaN/SiC và thiết kế vi mạch.

Tăng cường mô hình Nhà nước - Nhà trường - Doanh nghiệp, trong đó doanh nghiệp tham gia xây dựng chương trình đào tạo, hỗ trợ thực tập, nghiên cứu và phát triển các phòng thí nghiệm dùng chung.

Đầu tư hạ tầng đào tạo hiện đại, bao gồm phần mềm thiết kế vi mạch, hệ thống mô phỏng lưới điện thời gian thực (RTDS) và robot công nghiệp chuẩn Industry 4.0.

Thu hút nhân tài và quốc tế hóa giáo dục thông qua chính sách đãi ngộ chuyên gia, hợp tác đào tạo, chương trình song bằng và trao đổi sinh viên với các trường đại học hàng đầu thế giới.

Bảng 3 trình bày các vị trí việc làm có nhu cầu cao và các năng lực cốt lõi của nguồn nhân lực Điện - Điện tử trong giai đoạn 5 - 10 năm tới.

Bảng 3. Nhu cầu vị trí việc làm và yêu cầu năng lực cốt lõi trong kỷ nguyên mới

Vị trí việc làm cốt lõi	Lĩnh vực ứng dụng điển hình	Yêu cầu năng lực kỹ thuật trọng tâm
Kỹ sư Thiết kế Vi mạch và Bán dẫn *(IC Design Engineer)*	Thiết kế chip xử lý, vi mạch nano, mạch tích hợp chuyên dụng (ASIC), chip nguồn GaN/SiC	Nắm vững ngôn ngữ định nghĩa phần cứng (Verilog/VHDL), công cụ EDA (Synopsys/Cadence), lý thuyết vật lý bán dẫn lượng tử
Kỹ sư Hệ thống Nhúng và AIoT *(Embedded AIoT Engineer)*	Phát triển thiết bị gia dụng thông minh, thiết bị đeo y tế, hệ thống Edge Computing cho Smart City	Lập trình thành thạo C/C++, Python; thiết kế mạch phần cứng vi điều khiển, kiến trúc hệ điều hành thời gian thực (RTOS), tối ưu thuật toán AI trên phần cứng nhúng
Kỹ sư Kiến trúc Tự động hóa và Robot *(Automation & Robotics Architect)*	Vận hành nhà máy thông minh, lập trình cánh tay robot, điều khiển hệ thống xe tự hành AMR/AGV	Thiết kế hệ thống SCADA/MES; lập trình nâng cao cho PLC (Siemens, Rockwell); tích hợp hệ thống thị giác máy tính và xử lý cảm biến động lực học robot
Kỹ sư Lưới điện thông minh và Năng lượng *(Smart Grid & Renewable Energy Engineer)*	Điều độ hệ thống điện đô thị, thiết kế trạm biến áp số, quản lý hệ thống lưu trữ pin năng lượng BESS	Am hiểu sâu tiêu chuẩn quốc tế IEC 61850; phân tích độ ổn định động hệ thống điện; vận hành các thuật toán điều khiển phân phối năng lượng phân tán (DERMS)

Nguồn: KPMG Global, 2023; Trung tâm dự báo nhân lực quốc gia, 2026

4. Kết luận và khuyến nghị

4.1. Kết luận và đóng góp khoa học của bài báo

Nghiên cứu đã hệ thống hóa bốn xu hướng công nghệ chủ đạo của ngành Điện - Điện tử gồm: chuyển đổi từ lưới điện truyền thống sang lưới điện thông minh; từ vật liệu Silicon sang các chất bán dẫn vùng cấm rộng và cấu trúc GAAFET; từ tự động hóa cục bộ sang nhà

máy thông minh dựa trên IIoT; và từ điện toán đám mây sang AIoT tại biên (IEEE, 2023; McKinsey & Company, 2023).

Kết quả cho thấy ngành Điện - Điện tử không còn là lĩnh vực hỗ trợ kỹ thuật đơn thuần mà đã trở thành hạ tầng cốt lõi của nền kinh tế số. Bài báo đồng thời lượng hóa nhu cầu nguồn nhân lực chất lượng cao và xác định các nhóm năng lực trọng tâm đáp ứng yêu cầu phát triển ngành trong giai đoạn 2025 - 2026.

4.2. Hạn chế của nghiên cứu và định hướng nghiên cứu tiếp theo

Nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế do chưa tiếp cận được dữ liệu nội bộ của các doanh nghiệp FDI lớn. Các đánh giá về nhu cầu nhân lực chủ yếu dựa trên dữ liệu thứ cấp và phương pháp Delphi, chưa thực hiện khảo sát diện rộng tại các cơ sở sản xuất. Bên cạnh đó, các phân tích về vật liệu GaN/SiC mới dừng ở mức dự báo xu hướng, chưa có nghiên cứu thực nghiệm trong điều kiện Việt Nam.

Trong thời gian tới, nghiên cứu cần tập trung vào hai hướng chính:

1. Thực hiện khảo sát định lượng quy mô lớn tại hơn 500 doanh nghiệp Điện - Điện tử và Bán dẫn để phân tích sâu cung - cầu lao động bằng các mô hình kinh tế lượng.

2. Nghiên cứu mô phỏng chuyên sâu về độ ổn định của lưới điện thông minh khi tỷ lệ năng lượng tái tạo vượt 40% tổng công suất nguồn theo Quy hoạch điện VIII.

Tài liệu tham khảo

Báo Nhân Dân. (2026). *Các phóng sự chuyên sâu về Trung tâm Điều độ hệ thống điện Hà Nội và loạt robot công nghệ Việt vươn ra thế giới*. Truy cập ngày 10/4/2026, từ https://nhandan.vn/cong-nghe-robot-viet

Báo Điện tử Dân trí. (2026). *Xu hướng phát triển công nghệ robot và hệ thống điều độ điện năng hiện đại tại Việt Nam*. Truy cập ngày 10/4/2026, từ https://dantri.com.vn/khoa-hoc-cong-nghe.htm

Bộ Công thương Việt Nam. (2023). *Chiến lược phát triển ngành điện lực Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (Quy hoạch điện VIII)*. Hà Nội: Nhà xuất bản Chính trị Quốc gia Sự thật.

IEEE. (2023). *Industry 4.0 Technology Foresight in Electrical Engineering Sector*. Proceedings of the 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 112-118. doi:10.1109/KhPIWeek2023.1024

KPMG Global. (2023). *2023 KPMG Global Semiconductor Industry Outlook*. Singapore: KPMG International Research Report. Truy cập ngày 20/2/2026, từ https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/Global-semiconductor-industry-outlook-2023

McKinsey & Company. (2023). *The future of smart grids and digital energy systems*. New York: McKinsey Global Institute Report.

Tạp chí Điện tử Công dân và Khuyến học. (2025). *Sự hội tụ giữa AI và IoT định hình cuộc sống đô thị*. Truy cập ngày 15/11/2025, từ https://congdankhuyenhoc.vn/aiot-smartcity

Tạp chí Điện tử Tự động hóa Ngày nay. (2026). *Các bài viết phân tích chuyên đề về Lưới điện thông minh và Ứng dụng IoT trong Smart Factory*. Truy cập ngày 05/01/2026, từ https://tudonghoa.org.vn/smart-factory

Thủ tướng Chính phủ Việt Nam. (2024). *Quyết định số 1018/QĐ-TTg ban hành Chiến lược phát triển công nghiệp bán dẫn Việt Nam đến năm 2030 và tầm nhìn 2050*. Ban hành ngày 21/09/2024.

Võ Thu Hà. (2022). *Kỹ thuật robot*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.