Điện năng lượng mặt trời nghe thì "nhẹ nhàng" như ánh nắng, nhưng lúc tới giai đoạn nghiệm thu thì mọi thứ phải rõ ràng từng milimet, từng con số đo đạc, từng điều kiện vận hành. Tôi đã từng chứng kiến một hệ thống chạy ổn định vài ngày, rồi đến buổi nghiệm thu lại "lộ" ra vấn đề do lắp đặt nhiệt cáp chưa đúng và đầu nối DC bị lỏng trong quá trình kéo dây. Nếu chỉ dựa vào quan sát hoạt động ban đầu, rất dễ bỏ sót.

Nghiệm thu không phải là thủ tục để "ký cho xong". Nó là cách bạn kiểm tra xem hệ thống đã lắp đúng thiết kế, đúng kỹ thuật, an toàn điện, an toàn cháy nổ, và vận hành theo đúng kỳ vọng. Dưới đây là quy trình mà tôi thường áp dụng khi cùng đội thi công đi nghiệm thu điện năng lượng mặt trời cho cả công trình mái nhà và các hệ thống quy mô lớn hơn.

Trước hết: hiểu đúng phạm vi nghiệm thu

Nghiệm thu thường chia theo giai đoạn và phạm vi. Có dự án nghiệm thu theo từng hạng mục, có dự án nghiệm thu tổng thể. Dù theo cách nào, tôi luôn nhắc nhóm phụ trách làm nghiệm thu xác định sớm phạm vi, vì nó ảnh hưởng đến danh sách hồ sơ, thiết bị đo, và cả cách lập biên bản.

- Hệ thống điện mặt trời mái (on-grid) sẽ cần kiểm tra kỹ phần DC (từ mảng pin về inverter), phần AC (từ inverter hòa lưới), và phần bảo vệ (cầu chì, aptomat, chống sét, tiếp địa).
- Hệ thống có lưu trữ pin sẽ thêm phần kiểm tra BMS, chu trình sạc xả, và liên động an toàn.
- Hệ thống cho bơm, cho tải độc lập sẽ khác cách kiểm tra chất lượng điện đầu ra và cách điều khiển.

Nếu bạn nghiệm thu "một phần" nhưng trong hồ sơ lại yêu cầu "toàn bộ", hoặc ngược lại, sẽ rối ngay từ lúc bắt đầu, và sau đó biên bản rất dễ bị thiếu hạng mục.

Bước 1: Rà soát hồ sơ thiết kế và đối chiếu thực tế lắp đặt

Tôi xem đây là bước "đi trước một bước", vì nó giúp bạn phát hiện sai lệch ngay khi còn dễ sửa. Đừng chờ đến lúc đo điện mới phát hiện cấu hình thiết bị không khớp. Khi sai lệch nằm ở cơ khí và tuyến đi cáp, xử lý ở giai đoạn thi công thường nhanh hơn nhiều so với khi đã hoàn thiện.

Ở bước này, đội nghiệm thu và bên thi công sẽ đối chiếu những thứ như:

Thiết kế tổng thể, sơ đồ nguyên lý, mặt bằng bố trí mảng pin, bố trí inverter, tuyến đi cáp DC và cáp AC, vị trí thiết bị bảo vệ, vị trí chống sét và tiếp địa. Sau đó là đối chiếu vật tư thực tế: hãng và model inverter, loại hộp nối DC, loại cầu chì DC, chủng loại cáp (đặc biệt là cáp DC phải đúng cấp điện áp và nhiệt độ làm việc), vật liệu khung giá, bu-lông, siết lực, và lớp chống ăn mòn.

Một ví dụ rất hay gặp là mảng pin lắp lệch so với bản vẽ do thay đổi thực tế mái. Lệch ít có thể không ảnh hưởng nhiều tới năng lượng, nhưng nếu lệch khiến dây DC bị kéo căng hoặc bán kính uốn cáp vượt mức khuyến nghị, thì rủi ro sẽ tăng. Đến nghiệm thu mà thấy dấu hiệu cáp "đang chịu lực" chứ không chỉ "đang nằm trên giá", tôi thường dừng lại để yêu cầu chỉnh tuyến.

Trước khi đi sang đo đạc, cần đảm bảo đã có đủ bộ hồ sơ nghiệm thu và biên bản kiểm tra trong quá trình thi công.

Chuẩn bị bộ hồ sơ để nghiệm thu (một checklist ngắn gọn)

- Bản vẽ hoàn công hoặc bản vẽ "as-built" sau thi công, kèm thay đổi nếu có
- Danh mục thiết bị lắp đặt, model, thông số kỹ thuật và số seri (inverter, thiết bị bảo vệ, chống sét, inverter, hộp nối DC)
- Biên bản kiểm tra vật tư đầu vào và biên bản nghiệm thu nội bộ từng công đoạn
- Kết quả đo đạc đã thực hiện trong quá trình thi công (nếu có), bao gồm tiếp địa và thử cách điện
- Nhật ký thi công và ảnh chụp từng hạng mục theo mốc thời gian (đặc biệt là trước khi che phủ)

Đây không phải để "làm cho đẹp". Tôi dùng nó như một bản đồ, để biết chính xác hạng mục nào đã được kiểm tra, hạng mục nào chưa.

Bước 2: Kiểm tra cơ khí và bố trí hệ thống

Điện năng lượng mặt trời có một "đặc thù" là phần lớn chi phí nằm ở cơ cấu gá lắp và độ bền theo thời gian. Nếu khung giá bị lắp sai, hệ thống có thể vẫn phát điện lúc mới vận hành, nhưng nhanh xuống cấp do gió, rung, ăn mòn, hoặc lỏng liên kết.

Tôi kiểm tra theo tư duy "nhìn thấy lỗi thì sửa ngay, không tranh luận bằng cảm tính". Những điểm cần soi kỹ:

Khung gá, chân đế, thanh ray và khoảng hở. Độ thẳng hàng, độ vuông góc tại điểm bắt, và lực siết bu-lông. Với mái tôn hoặc mái ngói, vấn đề thường không nằm ở bản thân pin, mà nằm ở cách bắt chân đế vào mái và cách chống nước tràn tại vị trí xuyên mái.

Tiếp theo là kiểm tra máng cáp và máng đi dây. Cáp DC thường đi ngoài nắng và ngoài mưa, nên đường đi cần gọn, có kẹp cố định đúng vị trí để tránh rung. Tôi từng thấy một hệ thống "đi dây cho nhanh", kẹp cáp thưa, dây rung theo gió làm lớp vỏ ngoài mài mòn dần. Về sau, cách điện suy giảm và lỗi xuất hiện theo mùa, rất khó truy.

Đối với hộp nối DC và đầu nối, tôi soi dấu hiệu oxy hóa, mối nối chưa siết đủ lực, keo trám hoặc roăng làm kín bị đặt sai chiều. Nếu có thể, tôi yêu cầu mở kiểm tra tại một số vị trí đại diện thay vì chỉ kiểm tra mắt.

Bước 3: Kiểm tra hệ thống điện bảo vệ và an toàn

Với điện năng lượng mặt trời, phần an toàn không chỉ là "có chống sét và có tiếp địa". Vấn đề nằm ở việc chúng có được đấu đúng, có liên tục điện, có đạt giá trị theo yêu cầu hay không.

Ở giai đoạn này, nghiệm thu thường tập trung vào:

- Hệ thống tiếp địa (tiếp địa thiết bị, liên kết đẳng thế nếu có)
- Hệ thống chống sét (kim thu, dây dẫn thoát, tuyến xuống, điểm nối)
- Thiết bị đóng cắt và bảo vệ: aptomat, cầu chì DC, thiết bị chống dòng rò hoặc chống rò DC (tùy cấu hình)
- Quy cách đi dây và đánh dấu cực tính DC, đánh dấu mạch AC, phân biệt rõ mạch vận hành và mạch bảo vệ

Một số lỗi "nhìn qua không thấy" nhưng gây rủi ro lớn là đầu nối tiếp địa không ép đủ lực, dây tiếp địa lẫn lộn tiết diện hoặc bị gỉ do không dùng vật tư phù hợp. Có trường hợp nhóm thi công dùng bulông tôn và ren kém chất lượng, theo thời gian bị "mòn ren", liên kết bị lỏng.

Khi kiểm tra an toàn, tôi thường đề nghị cho chạy thử trong điều kiện có đủ nắng để xem inverter có báo lỗi nào bất thường không, nhưng lưu ý rằng báo lỗi lúc thử không thay thế được đo đạc.

Bước 4: Đo đạc các thông số điện bắt buộc

Đây là phần "điểm rơi" của nghiệm thu. Nếu không đo, bạn chỉ đang "tin". Đã làm thì đo cho ra kết quả, so với thiết kế, và lưu số liệu để đối chiếu khi hệ thống vận hành.

Tùy công trình và cấu hình, các phép đo sẽ khác nhau. Nhưng thông thường sẽ có nhóm đo liên quan tới tiếp địa, kiểm tra cách điện, kiểm tra cực tính DC, và kiểm tra đặc tính điện AC.

Các phép đo chính thường có trong nghiệm thu (không nên bỏ qua)

- Kiểm tra liên tục tiếp địa và đo điện trở tiếp địa

- Đo cách điện hệ thống DC (mạch pin đến thiết bị, đến đất tùy cấu hình)
- Kiểm tra cực tính và thông số chuỗi (string) trước khi đưa vào inverter vận hành
- Đo thông số AC tại đầu vào đầu ra: điện áp, tần số, kiểm tra hòa lưới đúng pha và đúng thứ tự (on-grid)
- Kiểm tra điện áp mạch DC khi có đủ điều kiện bức xạ, đối chiếu với dải làm việc inverter

Một điểm quan trọng mà tôi luôn nhắc: đo DC với điện mặt trời là "đo trong điều kiện ánh nắng". Nếu trời âm u, số liệu sẽ dao động, dễ gây hiểu nhầm. Khi làm nghiệm thu, nên chọn khung giờ có nắng ổn định, hoặc ít nhất ghi rõ điều kiện bức xạ và thời điểm đo. Có thể hai bên tranh luận vì con số khác nhau, nhưng nếu bạn đã ghi điều kiện, việc đánh giá sẽ công bằng hơn.

Tôi từng gặp tình huống chuỗi bị đấu nhầm cực tính âm, khi inverter bật lên thì hệ thống không hòa lưới, hoặc báo lỗi. Nếu chỉ nhìn "có điện không", bạn sẽ không tìm ra ngay. Còn nếu kiểm tra cực tính và đo chuỗi theo đúng trình tự, lỗi sẽ lộ nhanh và tránh "đẩy hỏng" thiết bị.

Bước 5: Thử vận hành và kiểm tra chức năng của inverter, giám sát

Sau khi đo điện cơ bản đạt, bước tiếp theo là đưa hệ thống vào trạng thái vận hành và thử các chức năng liên quan. Nhiều người nghĩ cứ bật inverter lên là xong, nhưng inverter còn phải chạy đúng theo chiến lược điều khiển hòa lưới, có giám sát hoạt động, có log lỗi, và có các ngưỡng bảo vệ hoạt động đúng.

Tôi thường yêu cầu kiểm tra:

Trạng thái kết nối mạng giám sát (nếu có), khả năng hiển thị sản lượng theo thời gian, khả năng đọc lỗi và cảnh báo. Kiểm tra hệ thống có tự tách lưới khi điều kiện không phù hợp không (tùy thiết bị và quy trình vận hành được phép). Kiểm tra quạt tản nhiệt và nhiệt độ vận hành nếu inverter có cảnh báo nhiệt.

Ngoài ra, cần kiểm tra các liên động theo thiết kế. Ví dụ như khóa liên động, tín hiệu trạng thái từ bộ đóng cắt. Với các hệ có bảo vệ mở rộng, việc kiểm tra mô phỏng sự cố phải tuân thủ hướng dẫn của nhà sản xuất và quy trình an toàn tại công trường, không nên "tự nghĩ ra" bài thử.

Kinh nghiệm thực tế là nhiều hệ thống có giám sát, nhưng người vận hành chưa biết cách đọc dữ liệu. Trong buổi nghiệm thu, tôi thường dành vài phút hướng dẫn bên chủ đầu tư cách kiểm tra sản lượng ngày, cách nhận diện lỗi phổ biến (mất string, lỗi hòa lưới, suy giảm cách điện nếu có cảnh báo). Khi chủ đầu tư biết nhìn, hệ thống sẽ được vận hành bền hơn.

Bước 6: Kiểm tra chống sét và tiếp địa theo góc nhìn thực dụng

Nghe có vẻ giống bước 3 và bước 4, nhưng tôi tách ra vì chống sét và tiếp địa có "phần không tên" mà đo điện trở chưa đủ trả lời.

Một hệ tiếp địa có thể đo ra giá trị đạt, nhưng đường dây xuống lại đi sai tuyến, không liên kết đẳng thế theo thiết kế, hoặc đầu nối bị oxy hóa. Khi có mưa dài, chênh thế có thể làm xuất hiện hiện tượng ăn mòn hoặc phát nhiệt tại điểm nối. Vì thế, nghiệm thu cần kiểm tra:

Đường đi dây chống sét và dây tiếp địa có gọn, có cố định đúng, có tránh các điểm dễ va chạm không. Các điểm nối có dùng vật liệu tương thích, có chống gỉ đúng cách không. Với mái, vị trí đi dây xuống cần được xử lý chống dột. Nhiều sự cố về sau không đến từ "thiếu tiếp địa", mà từ "thiếu chăm chút nơi đi dây".

Bước 7: Lập biên bản nghiệm thu, chốt danh sách tồn tại và biện pháp khắc phục

Sau phần kiểm tra kỹ thuật và đo đạc, chuyện quan trọng tiếp theo là biến kết quả đo và kết quả quan sát thành tài liệu pháp lý và điều hành được. Biên bản nghiệm thu cần ghi rõ:

Phạm vi nghiệm thu, thời gian, địa điểm, thành phần tham gia. Tóm tắt kết quả đo đạc theo từng hạng mục, đối chiếu với tiêu chuẩn và thiết kế được duyệt. Nếu có điểm chưa đạt, phải ghi rõ hạng mục, mô tả lỗi cụ thể, và yêu cầu khắc phục.

Tôi luôn đề nghị tránh câu chữ chung chung kiểu "khắc phục theo hướng dẫn". Thay vào đó, phải yêu cầu "khắc phục đến khi đạt" và gắn với phép đo. Ví dụ, nếu tiếp địa chưa đạt giá trị yêu cầu, biên bản phải nêu giải pháp cụ thể như bổ sung điện cực, thay đổi vị trí chôn tiếp địa, và đo lại sau khi hoàn thành. Nếu lỗi ở đấu nối string, biên bản phải yêu cầu kiểm tra lại cực tính, siết đầu nối đúng lực, thay vật tư nếu phát hiện suy giảm.

Khi chốt danh sách tồn tại, cũng cần thống nhất cách kiểm tra lại sau sửa. Thời gian sửa và thời điểm đo lại nên được ghi vào phụ lục hoặc biên bản bổ sung.

Bước 8: Bàn giao hồ sơ vận hành, hướng dẫn sử dụng và cam kết bảo trì

Nghiệm thu xong mới là lúc hệ thống thật sự bước vào giai đoạn "sống cùng bạn". Bàn giao không chỉ là trao chìa khóa và giao một file ảnh.

Thực tế, tôi thường nhắc bên thi công bàn giao tối thiểu các nội dung:

Hướng dẫn vận hành căn bản cho inverter và hệ thống giám sát. Quy trình kiểm tra định kỳ đơn *chi phí điện năng lượng mặt trời* giản, như vệ sinh bề mặt tấm (nếu phù hợp), quan sát nhiệt bất thường ở khu vực tủ DC/AC, và cách nhận biết dấu hiệu lỏng tiếp xúc dựa trên cảnh báo. Danh mục vật tư dự phòng nếu có (cầu chì DC, cầu chì AC, thiết bị chống sét nếu được thay thế theo chính sách). Lịch bảo trì theo mùa, đặc biệt tại khu vực nhiều bụi, nhiều muối hoặc mưa axit.

Với chủ đầu tư, họ không cần biết sâu về điện, nhưng cần biết đủ để xử lý "dấu hiệu đỏ". Ví dụ, khi inverter liên tục báo mất string hoặc cảnh báo dòng rò, tuyệt đối không tự ý cắt rồi đóng liên tục để "thử". Cắt đúng quy trình, gọi đơn vị chuyên môn kiểm tra là lựa chọn an toàn hơn.

Những tình huống hay gặp khiến nghiệm thu bị "kẹt"

Có vài kiểu rắc rối tôi gặp lặp lại ở nhiều dự án điện năng lượng mặt trời. Nếu bạn chuẩn bị trước, bạn sẽ đỡ mất thời gian tại hiện trường.

Thứ nhất là sai lệch sản lượng dự kiến so với thực tế do điều kiện mái và bức xạ. Nhiều chủ đầu tư kỳ vọng "điện chạy đúng như tính toán", trong khi bức xạ thực tế thay đổi mạnh theo ngày và theo vị trí. Khi nghiệm thu, giải pháp đúng là đối chiếu thông số kỹ thuật và điều kiện, thay vì đòi số liệu năng lượng trong một ngày phải đúng tuyệt đối.

Thứ hai là lỗi nhiệt ở đầu nối do siết không đúng, hoặc do dùng vật tư không tương thích môi trường. Lúc nghiệm thu có thể chưa lộ ngay nếu chưa chạy đủ lâu. Vì thế, ngoài đo, tôi thường yêu cầu kiểm tra bằng quan sát kỹ và yêu cầu chạy thử trong khoảng thời gian có thể, rồi theo dõi cảnh báo. Nếu hệ thống có cảnh báo nhiệt hoặc lỗi kết nối, phải xử lý trước khi ký.

Thứ ba là vướng thủ tục hòa lưới hoặc yêu cầu từ bên quản lý điện. Một số nơi muốn nghiệm thu xong thì mới làm bước tiếp theo, nhưng giấy tờ lại kéo dài. Khi làm việc, nên tách rõ nghiệm thu lắp đặt và nghiệm thu kết nối, để không bị "đứng chờ" vì một giấy tờ khác phạm vi.

Một cuộc nghiệm thu điển hình: nhanh mà không vội

Tôi nhớ một lần nghiệm thu hệ thống rooftop cho một xưởng nhỏ. Hôm đó trời nắng, inverter lên nhanh, màn hình giám sát hiện sản lượng khá ổn. Nếu làm theo kiểu "mừng quá quên kiểm tra", có thể ký ngay.

Nhưng tôi đi kiểm tra khung giá và tuyến cáp trước. Ở một góc mái, cáp DC được kẹp sát nhưng không để khoảng giãn nở. Khi gió thổi và nhiệt độ tăng, vỏ cáp bị cọ. Tôi yêu cầu điều chỉnh lại tuyến và kẹp cố định lại theo đúng nguyên tắc, sau đó mới đo cách điện. Kết quả cách điện lúc đo trong điều kiện đầu tiên có thể chưa thấp, nhưng sau khi xử lý lại tuyến cáp thì độ ổn định tốt hơn về sau. Chủ đầu tư không thấy "hào hứng" lúc đó, nhưng khi hệ thống chạy qua mùa nóng và ít cảnh báo hơn, họ hiểu vì sao phải kỹ.

Bài học ở đây là nghiệm thu điện năng lượng mặt trời cần "vừa nhanh vừa chắc". Nhanh để không kéo dài tiến độ. Chắc để không phải quay lại sửa.

Kết nối các bước thành một quy trình gọn cho dự án của bạn

Nếu bạn muốn tóm lại quy trình theo hướng thực thi, hãy coi nghiệm thu là chuỗi logic: hồ sơ và as-built để đảm bảo đúng, kiểm tra cơ khí để tránh lỗi cơ bản, kiểm tra an toàn và bảo vệ để loại rủi ro, đo đạc để có số liệu chứng minh, thử vận hành để xác nhận chức năng, rồi lập biên bản để chốt trách nhiệm.

Quan trọng nhất là thái độ tại hiện trường. Đừng xem nghiệm thu như một buổi "điểm danh". Nó là thời điểm bạn phát hiện phần "sai nhưng chưa hỏng", và xử lý trước khi hệ thống bước vào chu kỳ 20 năm nắng mưa.

Nếu bạn cho tôi biết loại hệ thống (mái tôn hay mái bê tông, on-grid hay có lưu trữ, công suất khoảng bao nhiêu kWp), tôi có thể gợi ý danh mục hạng mục nghiệm thu sát hơn cho trường hợp của bạn, kèm các điểm cần lưu ý khi đo đạc ngoài thực địa.