

THÔNG TIN CHI TIẾT MÁY ĐO LCR



MỤC LỤC

Tìm hiểu chi tiết máy đo LCR.....	1
Các tham số đo cơ bản của máy LCR.....	2
Trở kháng (Impadance).....	4
Điện ứng (Reactance X).....	5
Độ dẫn điện (Conductance).....	6
Độ nạp điện (Susceptance).....	6
Độ dẫn nạp (Admittance).....	7
Điện dung (Capacitance).....	7
Điện cảm (Inductance).....	7
Hệ số tiêu tán (Dissipation factor).....	8
Hệ số chất lượng (Quality factor).....	8
Ứng dụng của máy đo LCR.....	9
Một số ứng dụng tham khảo.....	9
Cấu tạo bộ lọc RC.....	9
Mô tả đặc điểm của động cơ cảm ứng.....	10
Bảng điều khiển máy đo LCR dạng để bàn.....	13



Máy đo LCR (tiếng anh LCR meter) là một thiết bị đo điện được sử dụng để đo độ tự cảm (L), điện dung (C) và điện trở (R) của linh kiện và mạch điện tại các tần số khác nhau.

Bên cạnh việc hiển thị các đặc tính điện trên, máy đo LCR còn có thể hiển thị trở kháng (Z), góc pha (θ), hệ số tiêu tán (D), hệ số chất lượng (Q) và điện trở nối tiếp tương đương (ESR). Một vài thiết bị đo LCR hiển thị độ dẫn và nạp điện của linh kiện.

Máy đo LCR đo trở kháng của linh kiện hoặc mạch tại các đầu nối của nó. Bằng cách sử dụng một dạng sóng hình sin tại tần số xác định và đo dòng điện hình sin thu được cùng với độ lệch pha giữa điện áp đặt vào và dòng điện thu được. Sau đó, máy đo LCR sẽ tính toán trở kháng từ các phép đo này. Các đặc tính điện khác cũng có thể được tính toán từ thành phần của trở kháng.

Vì các linh kiện và mạch điện có nhiều dạng nên sẽ cần nhiều loại dây dẫn và fixture khác nhau để có thể kết nối với thiết bị đo LCR. Mà các dây dẫn và fixture cũng là những thiết bị mang trở kháng, nên khi đo lường cần lưu ý để có thể tính toán giá trị trở kháng chính xác của thiết bị đang được kiểm tra (DUT).

Các tham số đo cơ bản của máy LCR:

Z	Impedance	Trở kháng
R	Resistance	Điện trở
X	Reactance	Điện ứng
Y	Electrical admittance	Độ dẫn nạp
G	Electrical conductance	Độ dẫn điện
B	Electrical susceptance	Độ nạp điện
C	Capacitance	Điện dung
L	Inductance	Độ tự cảm
D	Dissipation factor	Hệ số tiêu tán
Q	Quality factor	Hệ số chất lượng
θ	Phase angel	Góc pha

Trở kháng (Impadance):

Trở kháng (ký hiệu Z) là đại lượng đo lường tổng đối kháng dòng điện trong mạch. Nói cách khác, là lượng mà mạch cản trở lại dòng điện. Nó giống như điện trở, nhưng phải tính đến ảnh hưởng của điện dung và độ tự cảm. Trở kháng được đo bằng đơn vị Ohm (Ω).

Trở kháng phức tạp hơn điện trở vì ảnh hưởng của điện dung và độ tự cảm thay đổi theo tần số của dòng điện đi qua mạch. Nên trở kháng cũng thay đổi theo tần số. Còn tác dụng của điện trở thì không phụ thuộc vào tần số.

'Chuyển pha' có nghĩa là gì?

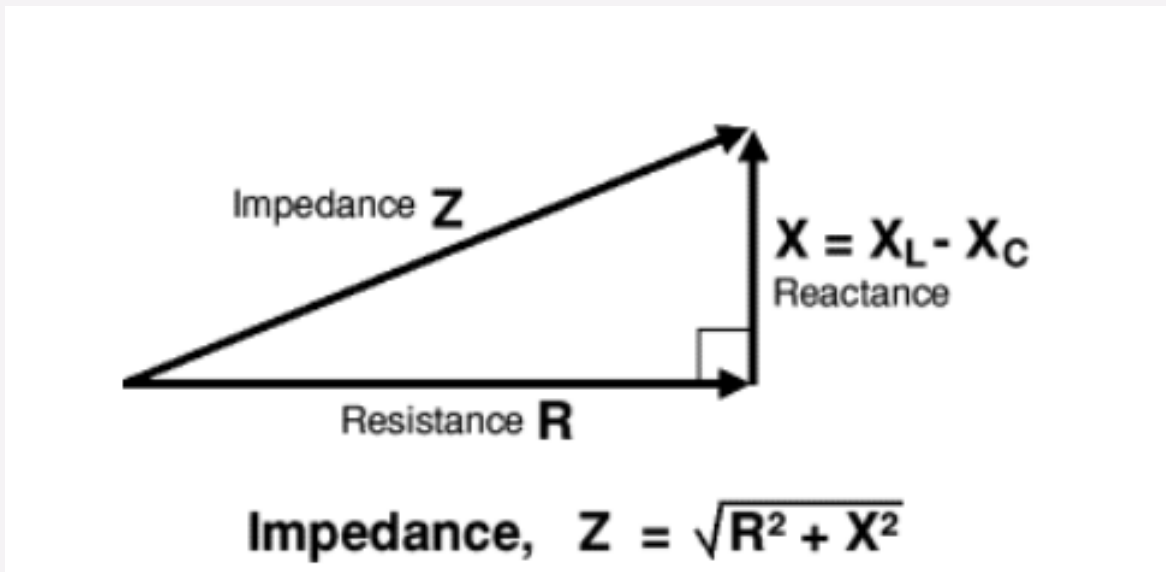
Chuyển pha có nghĩa là dòng điện và điện áp lệch pha với nhau. Hãy nghĩ đến việc sạc một tụ điện. Khi hiệu điện thế trên tụ bằng không thì dòng điện có giá trị cực đại; khi tụ điện đã tích điện và hiệu điện thế cực đại thì cường độ dòng điện cực tiểu.

Quá trình sạc và xả xảy ra liên tục với AC và dòng điện đạt cực đại ngay trước khi điện áp đạt cực đại. Vì vậy chúng ta nói dòng điện dẫn điện áp.

Trở kháng có thể chia thành 2 phần:

- Điện trở R (phần không bị thay đổi bất kể tần số)
- Điện ứng X (phần bị thay đổi theo tần số do điện dung và độ tự cảm)

Điện dung và độ tự cảm gây ra chuyển pha giữa dòng điện và điện áp. Có nghĩa là không thể đơn giản cộng điện trở và điện kháng vào trở kháng. Thay vào đó, chúng phải được thêm vào dưới dạng vectơ có điện kháng ở góc vuông với điện trở như thể hiện trong sơ đồ.



Bốn đại lượng điện xác định tổng trở (Z) của một đoạn mạch: điện trở (R), điện dung (C), độ tự cảm (L) và tần số (f).

Điện ứng (Reactance X):

Điện ứng (ký hiệu X) là đại lượng đo lường sự đối nghịch của điện dung và độ tự cảm đối với dòng điện. Điện ứng thay đổi theo tần số của tín hiệu điện và được đo bằng đơn vị Ohm (Ω).

Có 2 loại điện ứng: điện kháng điện dung (X_C) và điện kháng cảm ứng (X_L).

Tổng điện ứng (X) là hiệu giữa cả hai:

$$\text{Tổng điện ứng: } X = X_L - X_C$$

Điện kháng điện dung X_C :

Điện kháng điện dung (X_C) có giá trị lớn tại tần số thấp và giá trị nhỏ tại tần số cao. Với dòng điện DC ổn định có tần số $f=0$, X_C là vô hạn (đồng lập hoàn toàn), có nghĩa là tụ điện qua AC nhưng chặn DC:

Điện kháng điện dung, $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$

- X_C : điện kháng điện dung (Ohm)
- f : tần số (Hz)
- C : điện dung (F)



Điện kháng cảm ứng X_L

Điện kháng cảm ứng có giá trị nhỏ tại tần số thấp và lớn tại tần số cao. Với dòng điện DC ổn định ($f=0$), X_L bằng 0, có nghĩa là cuộn cảm cho DC đi qua nhưng chặn dòng AC tần số cao:

$$\text{Điện kháng cảm ứng, } X_L = 2\pi fL$$

X_L : điện kháng cảm ứng (Ohm)

f : tần số (Hz)

L : độ tự cảm (H)

Ví dụ: một cuộn cảm có điện kháng chỉ 0.3Ω tại tần số 50 Hz, nhưng khi tần số cao hơn tại 10 kHz thì điện kháng cảm ứng là 63Ω

Độ dẫn điện (Conductance):

Độ dẫn điện (ký hiệu G) ngược lại với điện trở. Trong khi điện trở là khả năng cản trở dòng điện, thì độ dẫn điện là khả năng dẫn điện của một vật liệu nhất định. Độ dẫn điện được đo bằng đơn vị Siemens (S). Độ dẫn điện là nghịch đảo của điện trở.

Độ nạp điện (Susceptance):

Độ nạp điện (ký hiệu B) ngược lại với điện ứng (reactance). Cũng như có điện kháng điện dung và điện kháng cảm ứng, do đó cũng có độ nạp điện dung (B_C) và độ nạp cảm ứng (B_L). Độ nạp điện là nghịch đảo của điện ứng. Được đo bằng đơn vị Siemens (S).

Công thức tính độ nạp điện dung (capacitive susceptance):

$$B_C = 2\pi f C$$

Công thức tính độ nạp cảm ứng (inductive susceptance):

$$B_L = \frac{1}{2\pi f L}$$



Độ dẫn nạp (Admittance):

Độ dẫn nạp (ký hiệu Y) là đại lượng đo lường mức độ cho phép dòng điện chạy qua mạch hoặc thiết bị. Độ dẫn nạp (Y) là nghịch đảo của trở kháng (impedance).

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Điện dung (Capacitance):

Điện dung là khả năng của một linh kiện hoặc mạch điện để thu thập và lưu trữ năng lượng dưới dạng điện tích.

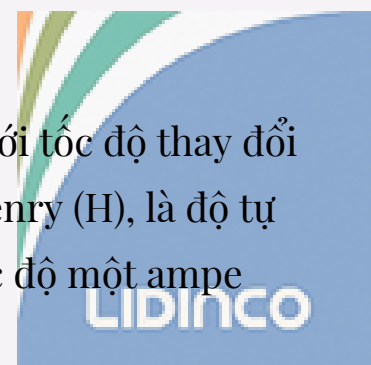
$$C = \frac{q}{U}$$

Điện cảm (Inductance):

Điện cảm hay còn gọi là độ tự cảm (ký hiệu L) là thuộc tính chống lại sự thay đổi của dòng điện của cuộn cảm bằng cách lưu trữ và giải phóng năng lượng từ trường (suất điện động cảm ứng) bao quanh cuộn cảm khi dòng điện chạy qua (theo định luật cảm ứng Faraday).

Cảm ứng tương hỗ mô tả sự thay đổi dòng điện trong một mạch khi mạch thứ hai cũng trải qua sự thay đổi dòng điện. Năng lượng được truyền từ mạch này thông qua mạch kia thông qua từ trường.

Cũng có thể định nghĩa điện cảm là tỷ số của điện áp cảm ứng với tốc độ thay đổi của dòng điện gây ra nó. Trong hệ SI, đơn vị của độ tự cảm là henry (H), là độ tự cảm tạo ra hiệu điện thế một vôn, khi dòng điện thay đổi với tốc độ một ampe trên giây.



Hệ số tiêu tán (Dissipation factor):

Hệ số tiêu tán (ký hiệu D) là thước đo tỷ lệ mất mát năng lượng của một phương thức dao động (cơ, điện hoặc cơ điện) trong một hệ thống tiêu tán. Nó là tác nhân tương hỗ của yếu tố chất lượng. Thể hiện “chất lượng” hay độ bền của dao động.

Hệ số chất lượng (Quality factor):

Đối với mạch điện tử, hệ số chất lượng (ký hiệu Q) được định nghĩa là tỷ số giữa năng lượng tích trữ trong bộ cộng hưởng với năng lượng được cung cấp trong mỗi chu kỳ để giữ cho biên độ tín hiệu không đổi, ở tần số mà năng lượng tích trữ không đổi theo thời gian.



Ứng dụng của máy đo LCR:

- Đo trở kháng của mạch. Giúp khắc phục sự cố hoặc mô tả đặc điểm của các mạch hiện có.
- Lọc các linh kiện điện để sắp xếp theo dung sai.
- Đo đặc tính dòng điện AC của một linh kiện dưới dạng hàm của tần số và biên độ để giúp bạn dự đoán hoạt động của mạch.
- Đo đặc tính động cơ bằng các phép đo điện cảm và độ tự cảm như một hàm của góc rôto.
- Xác định các cuộn dây dẫn của một rơle không đánh dấu bằng cách đo độ tự cảm.
- Lựa chọn linh kiện cho bộ lọc thụ động, sau đó đo trở kháng của bộ lọc ở các tần số khác nhau.
- Đo các thành phần trong mạch. Đặc biệt, có khả năng tìm các tụ điện có ESR cao.
- Ước tính tỷ số cuộn dây của máy biến áp thông qua các phép đo điện cảm.
- Đo thông số Q của cuộn dây
- Nếu bạn bảo trì thiết bị, hãy đo các đặc tính của thiết bị bằng máy đo LCR và ghi các giá trị ra giấy để tham khảo trong tương lai.

Một số ứng dụng tham khảo:

Cấu tạo bộ lọc RC:

Giả sử một ứng dụng cần bộ lọc RC với hằng số thời gian là $450 \mu s$ và ta muốn hằng số thời gian của bộ lọc nằm trong khoảng 1% của giá trị mong muốn. Ta chọn một điện trở R có giá trị $1 k\Omega$. Sau đó tính toán điện dung cần thiết như sau:

$$C = \frac{t}{R} = \frac{450 \mu s}{10^3 \Omega} = 450 pF$$



Tuy nhiên, chúng ta không có bất kỳ tụ điện 450 pF nào cả. Chúng ta sử dụng thiết bị đo LCR để kiểm tra tụ điện chúng ta có và tìm tụ điện có điện dung song song 126.6 pF tại tần số thử nghiệm 1 kHz.

Thay 126,6 pF vào công thức $R = t / C$, ta thấy cần một điện trở 3,55 kΩ để đạt được hằng số thời gian mong muốn. Chúng tôi kiểm tra kho điện trở trong kho và tìm được các điện trở có giá trị 1.18 kΩ and 2.37 kΩ cho ra giá trị chính xác bằng cách mắc nối tiếp vào mạch. Chúng tôi sử dụng đồng hồ LCR để đo điện trở xoay chiều của các điện trở này và tìm một cặp trong số chúng cung cấp điện trở nối tiếp mong muốn. Bộ lọc RC thu được sau đó sẽ có hằng số thời gian mong muốn.

Máy đo LCR cho phép các phép đo này được thực hiện nhanh chóng. Nhờ vậy, nhiệm vụ tổng thể là tìm kiếm các linh kiện phù hợp để có thể thực hiện nhanh chóng.

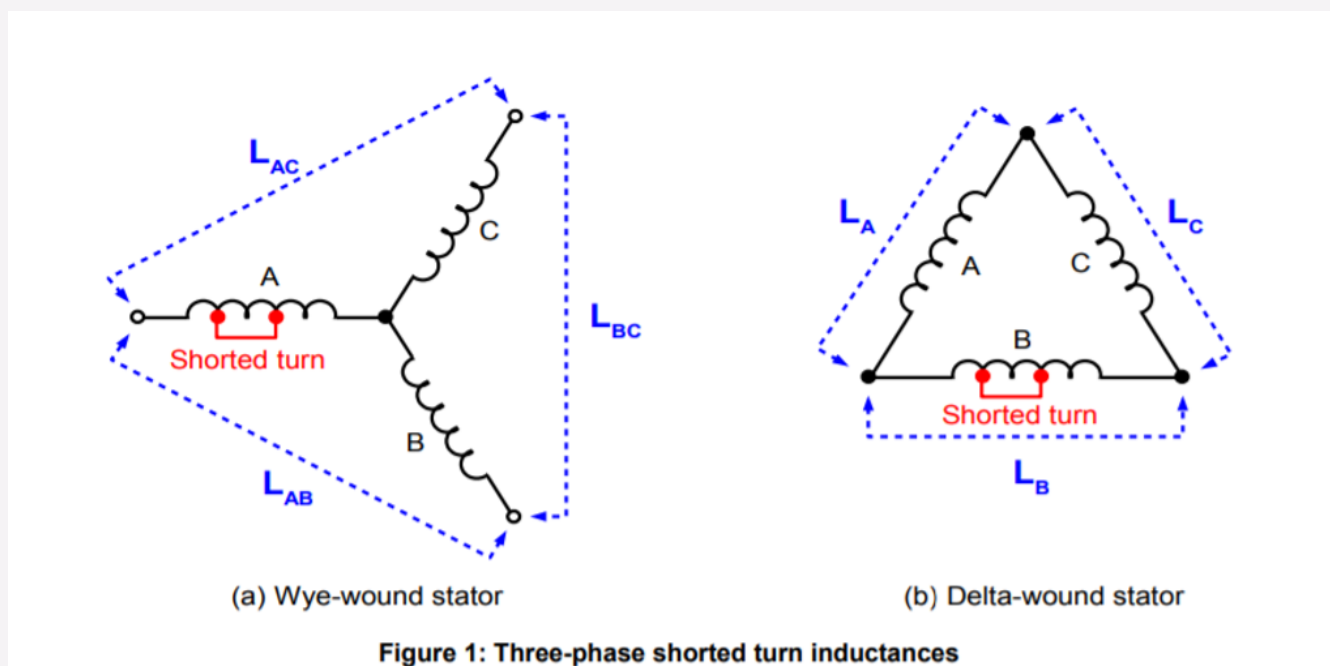
Mô tả đặc điểm của động cơ cảm ứng:

Động cơ điện cảm ứng 3 pha dùng trong công nghiệp phải đáp ứng nhu cầu hoạt động 24 tiếng một ngày và 7 ngày một tuần. Vì vậy, các kỹ sư bảo hành cần mô tả đặc điểm của động cơ điện cảm ứng, lưu trữ lại dữ liệu để có thể khắc phục sự cố và lên kế hoạch bảo hành khi cần thiết.

Kỹ sư sử dụng máy đo LCR để đo độ tự cảm của ba cuộn dây điện tại tần số thử nghiệm gần bằng tần số cuộn dây. Nhờ vậy, các lỗi liên quan đến động cơ chẳng hạn như cuộn dây bị chập ở một trong các cực có thể được chẩn đoán dựa trên sự thay đổi kết quả của cuộn cảm. Bộ phận bảo trì có thể đưa ra chính sách đo điện cảm của cuộn dây định kỳ - giúp chẩn đoán sự suy giảm tiềm ẩn trong các cuộn dây.

Tuy nhiên, kỹ sư tiến xa hơn với việc kiểm tra chẩn đoán của mình bằng cách thực hiện kiểm tra ảnh hưởng của rôto, bao gồm việc đo điện cảm của mỗi cuộn dây như một hàm của góc rôto. Vẽ biểu đồ độ tự cảm của từng cuộn dây trong số ba cuộn dây dưới dạng hàm của góc có thể phát hiện ra rất nhiều vấn đề đối với tình trạng tổng thể của động cơ.

Đối với động cơ cảm ứng nhiều pha, so sánh độ tự cảm của các cuộn dây của stato có thể giúp chẩn đoán sự cố. Hình bên dưới minh họa về mặt hóa học các tác động của quá trình quay ngắn trong cuộn dây đơn của stato của động cơ 3 pha:



Đối với động cơ mới, độ tự cảm của ba cuộn dây phải xấp xỉ bằng nhau. Cách hữu ích nhất là đo các cuộn dây khi động cơ còn mới và lưu lại kết quả để so sánh sau này nhằm khắc phục sự cố hoặc phát hiện tình trạng xuống cấp.

Vì vậy cần đo lường và theo dõi độ tự cảm (L) định kỳ.



Mạch bị ngắn sẽ có độ tự cảm thấp hơn. Ta có mối quan hệ giữa động cơ và ngắn mạch (shorted turn):

$$\text{Wye} \quad L_{AC} \approx L_{AB} < L_{BC}$$

$$\text{Delta} \quad L_B < L_A \approx L_C$$

Với kết nối wye, ta cũng có mối liên hệ:

$$L_{AB} = L_A + L_B$$

$$L_{AC} = L_A + L_C$$

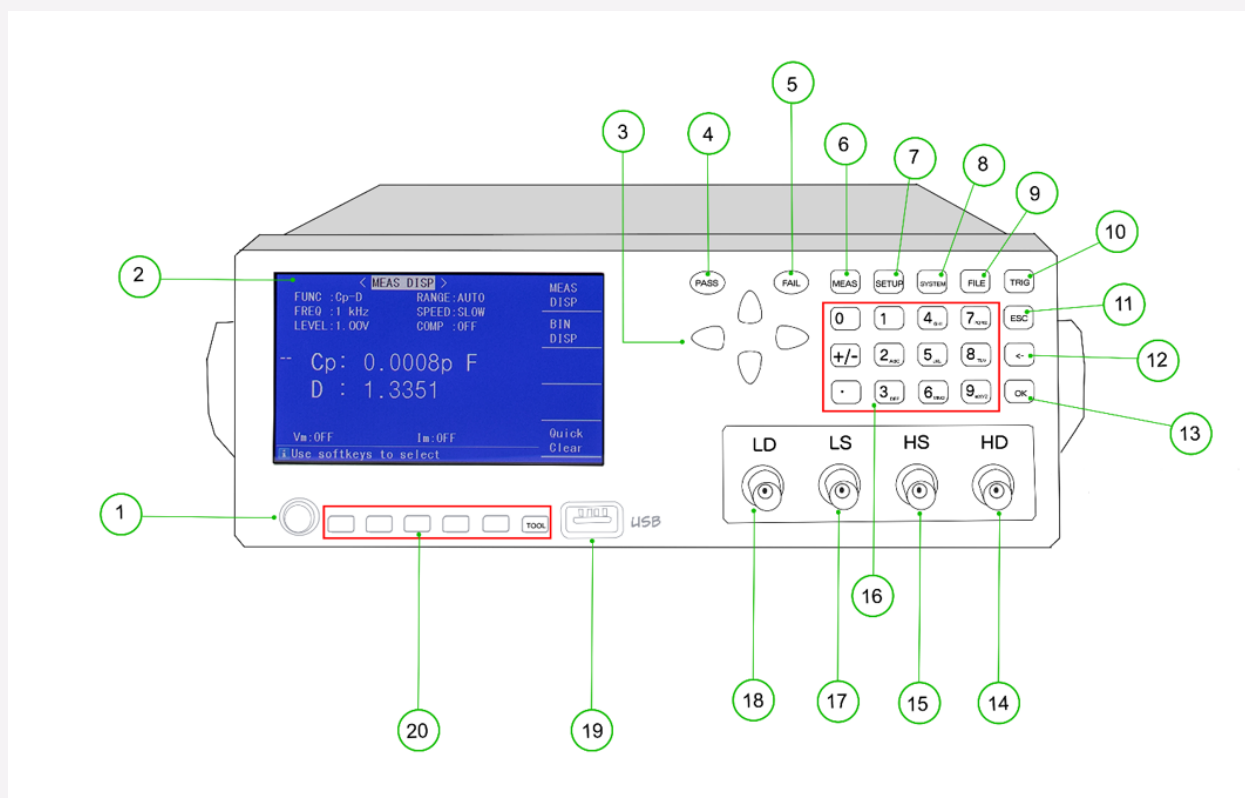
$$L_{BC} = L_B + L_C$$

Nếu khi đo, điện cảm pha nối pha của động cơ được kết nối dạng chữ y (wye connection), hai trong số các điện cảm có giá trị bằng nhau và nhỏ hơn điện cảm thứ ba, thì có thể đang có hiện tượng shorted turn. Còn với động cơ kết nối dạng delta, ngắn mạch có thể xảy ra nếu một trong các cuộn cảm có giá trị thấp hơn các cuộn cảm còn lại. Ngoài ra, còn có thể tính toán độ tự cảm trung bình và sau đó kiểm tra % độ lệch so với giá trị trung bình để xác định sự mất cân bằng cảm ứng.

Ngắn vòng (shorted turns) có thể xảy ra khi cách điện trong cuộn dây không đủ cách điện với dây quấn (do nóng lên, hư hỏng vật lý, lỗi sản xuất, v.v.).



Bảng Điều Khiển Máy Đo LCR Dạng Đẻ Bàn:



Ký hiệu số	Tên	Ý Nghĩa
1	Power on/off	Nút mở/ tắt máy
2	LCD screen	Màn hình LCD hiển thị thông số đo, điều chỉnh, chọn lựa các chức năng
3	Cursor key	Nút điều khiển qua lại trên màn hình hiển thị LCD để lựa chọn giữa các chức năng
4	Pass	Cho biết kết quả đo được thông qua dựa trên các giới hạn đã thiết lập hoặc kiểm tra hoàn tất nếu không có giới hạn nào được thiết lập.
5	Fail	Cho biết kết quả đo không thành công dựa trên các giới hạn được thiết lập
6	MEAS	Menu lựa chọn các chức năng đo của máy: C, L, Z, R, DCR, ...
7	SETUP	Mở trang setup
8	SYSTEM	Mở trang cài đặt hệ thống
9	FILE	Chọn chức năng lưu file
10	TRIG	Chế độ Trigger
11	ESC	Thoát
12	<-	Xóa một ký tự cuối cùng của giá trị đầu vào.

13	OK	Đồng ý chọn
14	HD (High Drive of Current)	Cổng kết nối dòng điện cao: Tín hiệu kiểm tra được xuất qua HD. Điện áp, tần số và dạng sóng của tín hiệu thử nghiệm có thể được đo tại HD bằng vôn kế, máy đo tần số và máy đo dao động, v.v.
15	HS (High Sense of Voltage)	Cổng kết nối cảm ứng điện áp cao: Lấy mẫu điện thế cao của thiết bị được thử nghiệm.
16	Entry Key	Các phím được sử dụng để nhập dữ liệu số vào máy đo LCR. Các phím nhập bao gồm các chữ số từ 0 đến 9, dấu chấm (.) Và dấu cộng / trừ (+/-). Các giá trị đã nhập được hiển thị trên dòng nhập (dòng thứ hai từ cuối màn hình LCD) và việc nhấn phím chức năng sẽ kết thúc quá trình nhập số. Phím cộng / trừ xóa ký tự cuối cùng của giá trị đầu vào.
17	LS (Low Sense of Voltage)	Cổng kết nối cảm ứng điện áp thấp: Lấy mẫu điện thế thấp của thiết bị được thử nghiệm.
18	LD (Low Drive of Current)	Cổng kết nối dòng điện thấp: Dòng điện chạy qua thiết bị được thử nghiệm được gửi đến bộ phận đo hiện tại của thiết bị.
19	USB Port	Cổng USB
20	Soft key	Được sử dụng để chọn điều kiện đo và chức năng tham số.



Nguồn tham khảo:

- Practical Electronics for Inventors 3rd Edition by Paul Scherz and Simon Monk, McGraw-Hill Education TAB; 3rd Edition (January 31, 2013)
- 1920 Precision LCR Meter User and Service Manual của ietlabs.com
- Thiết bị đo LCR của Lidinfo.com

