



Difference  
makes  
Innovation

www.jfe-advantech.co.jp/

# Technical Report

## TR-C03

### Phát hiện vị trí phóng điện Corona thời gian thực ở trạng thái đường dây nóng **Corona Discharge Checker MK-720 Series**

#### 1. Giới thiệu

Vai trò bảo trì rất quan trọng vì các thiết bị điện cung cấp năng lượng cho các hoạt động trong sản xuất và các sinh hoạt trong đời sống xã hội đòi hỏi phải ổn định. Trong số các thiết bị, thiết bị truyền tải và phân phối điện được lắp đặt rất nhiều và cần phải giảm thiểu tối đa sự mất điện, vì vậy nếu có thể tìm ra sớm một dấu hiệu bất thường ở trạng thái đường dây nóng, sẽ đóng góp rất lớn để tăng hiệu quả bảo trì. Thực tế khi có bất thường xảy ra tại các trạm truyền tải và phân phối điện, phương pháp chẩn đoán sử dụng sóng điện từ, âm thanh và phát xạ âm (Acoustic Emission, AE) đã được sử dụng như kỹ thuật phát hiện sự suy giảm chất cách điện của các công tắc, bộ ngắt mạch, máy biến áp, đầu nối cáp v.v ở trạng thái đường dây nóng.

Một trong những kỹ thuật phổ biến để chẩn đoán thiết bị điện ở trạng thái đường dây nóng là phát hiện phóng điện cục bộ (partial discharge, PD) như hiện tượng báo trước suy giảm chất cách điện. Phóng điện cục bộ là hiện tượng xảy ra ở giai đoạn đầu trước khi bức tường cách điện bị phá thủng, khi chất cách điện có suy giảm bên trong hoặc nhiễm bẩn bề mặt. Các hiện tượng đi kèm với phóng điện cục bộ có thể kể đến như tạo ra xung phóng điện, bức xạ sóng điện từ, phát xạ ánh sáng, các phản ứng hóa học, phát nhiệt, phát ra âm thanh, phát xạ của sóng đàn hồi, v.v. Nắm bắt các hiện tượng vật lý này có thể phát hiện sự xuất hiện của phóng điện cục bộ. Trong số các hiện tượng

vật lý trên, sóng siêu âm mô tả trong bài này là một trong những công nghệ có thể có thể được dùng để phát hiện phóng điện cục bộ tương đối thích hợp cho việc sử dụng ở hiện trường với độ chính xác cao.



Hình 1 Ngoại hình Corona Discharge Checker MK-720

Khi phóng điện cục bộ xảy ra trên bề mặt của chất cách điện, chẳng hạn như phóng điện Corona (discharge) và “phóng điện lan tỏa bề mặt” (creeping discharge), tín hiệu âm thanh nghe được (vài kHz) cũng như siêu âm (vài chục kHz) đồng thời phát ra không gian xung quanh, bằng cách phát hiện các tín hiệu này, có thể phát hiện phóng điện cục bộ từ xa không cần tiếp cận trực tiếp với đối tượng. Tuy nhiên, trong không gian lắp đặt thiết bị điện thường có tiếng ồn xung quanh từ vài kHz trở xuống. Vì vậy, để chỉ phát hiện chính xác tín hiệu âm do phóng điện, cần giới hạn dải tần sóng phát hiện được ở dải siêu âm (vài chục kHz). Thêm vào đó phóng điện cục bộ xảy

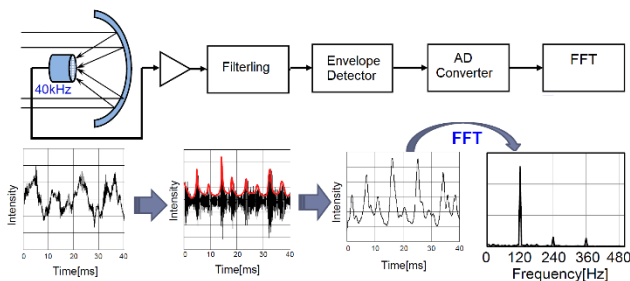
ra đồng bộ với chu kỳ điện áp xoay chiều của nguồn cung cấp, nên dạng sóng siêu âm phát hiện được có thành phần cao gấp đôi tần số nguồn. Nhờ vào điều này, có thể phân biệt được các tín hiệu khác với tín hiệu sóng siêu âm phóng điện cục bộ và có thể phát hiện phóng điện cục bộ đáng tin cậy hơn vì tỷ lệ S/N được cải thiện.

Máy kiểm tra phóng điện cục bộ MK-710 (bộ phận điều khiển và cảm biến tách rời) được đưa ra thị trường năm 1998 như một thiết bị chẩn đoán sử dụng phương pháp siêu âm đầu tiên. Sau đó tiếp tục phát triển, năm 2011 model MK-720 (Hình 1) được đưa ra thị trường, sử dụng dễ dàng trong khoảng cách 3 m từ đối tượng cần đo, và model MK-720L (năm 2015) có thể sử dụng ở khoảng cách xa đến 10 m. Phần này trình bày nguyên lý, tính năng của dòng MK-720 và giới thiệu các thử nghiệm thực địa.

## 2. Nguyên lý siêu âm phát hiện phóng điện cục bộ

Điểm mạnh của phương pháp này là cảm biến phát hiện sóng siêu âm không cần tiếp xúc trực tiếp với đối tượng đang tạo ra phóng điện cục bộ, đây là phương pháp chẩn đoán lý tưởng đảm bảo an toàn cho người kiểm tra thiết bị phân phối và truyền tải điện ở trạng thái đường dây nóng.

MK-720 là máy kiểm tra phóng điện cục bộ cầm tay được nghiên cứu và phát triển dựa trên phương pháp siêu âm, Hình 2 là sơ đồ lý xử lý tín hiệu.



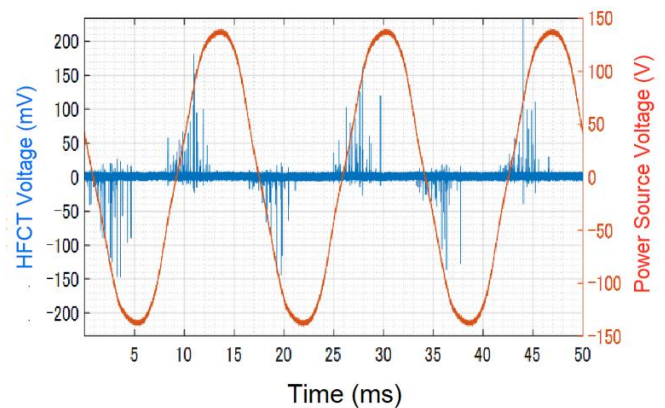
Hình 2 Sơ đồ xử lý tín hiệu

## ► Kỹ thuật nhận dạng phóng điện cục bộ

Khi phóng điện cục bộ xảy ra từ chất cách điện sẽ phát ra tín hiệu âm (từ lĩnh vực khả thính đến lĩnh vực siêu âm, vài kHz đến vài chục kHz). Trong khi đó tại hiện trường lắp đặt thiết bị phân phối và truyền tải điện, tiếng ồn nền (từ vài kHz trở xuống) cũng tồn tại, vì vậy không thể xác định chính xác liệu có sự hiện diện hay không của phóng điện cục bộ nếu chỉ bằng cách đo mức âm áp.

Tuy nhiên, có một đặc điểm là cường độ tín hiệu âm tạo ra bởi sự phóng điện cục bộ đồng kỳ với điện áp AC. Nếu chọn trong dải vài chục kHz để phát hiện, phân tích tần số sóng siêu âm, trích xuất thành phần kép (gấp hai lần) của tần số nguồn cung cấp điện, tách tín hiệu âm do phóng điện cục bộ với tiếng ồn nền, và như vậy có thể đánh giá sóng siêu âm tạo ra bởi phóng điện cục bộ.

Để phân biệt sóng siêu âm gây ra bởi sự phóng điện với các sóng siêu âm khác, một công nghệ mới để xác định sự phóng điện đã được nghiên cứu và phát triển. Kỹ thuật mới này sẽ được mô tả dưới đây.



Hình 3 Dạng sóng phóng điện cục bộ (màu xanh), dạng sóng nguồn điện AC (màu đỏ)

Tín hiệu âm phát ra từ sự phóng điện cục bộ xảy ra trong thiết bị xoay chiều AC đồng bộ với chu kỳ dao động của nguồn điện. Để xác nhận điều này, đặt điện

áp xoay chiều giữa các điện cực, Hình 3 cho thấy dạng sóng phóng điện cục bộ được đo bằng máy biến dòng tần số cao HFCT (High Frequency Current Transformers). Có thể thấy rằng sự phóng điện cục bộ xảy ra đồng kỳ với chu kỳ nguồn điện. Tại thời điểm này, tín hiệu âm tạo ra do phóng điện cục bộ có tần số gấp đôi trong trường hợp phóng điện lưỡng cực (hai lần phóng điện xảy ra trong một chu kỳ của nguồn điện) như trong ví dụ này. Trong trường hợp phóng điện đơn cực (phóng điện chỉ xảy ra một lần trong một chu kỳ của nguồn điện), tín hiệu âm thanh phóng điện có cùng tần số với tần số cung cấp điện. Như đã mô tả ở trên, có thể xác định xem tín hiệu nhận được có phải do phóng điện hay không bằng cách kiểm tra xem tín hiệu nhận được có bao gồm tần số nguồn cung cấp hoặc thành phần tần số cao gấp hai lần tần số nguồn cung cấp hay không. Sau khi phân tích tần số tín hiệu âm đo được, phán đoán được thực hiện bằng cách sử dụng chỉ tiêu tỷ lệ thành phần phóng điện trong phương trình (1), với  $f_v$  là tần số nguồn điện AC.

$$\text{Tỷ lệ thành phần phóng điện (\%)} = 100 \times \left( \frac{\text{thành phần } f_v + \text{thành phần } 2f_v}{\text{toàn thể}} \right) \cdot \cdot \cdot (1)$$

Phương trình (1) biểu thị tỷ lệ thành phần phóng điện đối với toàn thể tín hiệu nhận được và nếu trên 10%, có thể xác định rằng có khả năng cao xuất hiện hiện tượng phóng điện cục bộ.

### 3. Tính năng và Đặc trưng của máy MK-720

(1) Bộ phận thu thập tín hiệu phóng điện cục bộ bằng ăng ten parabol. Giống như MK-710, sử dụng cảm biến siêu âm để bắt tín hiệu thu thập bởi ăng ten parabol, đảm bảo chỉ hướng 8 độ. Với cấu trúc này, MK-720 có thể phát hiện sự phóng điện 300 pC từ khoảng cách 1 m. Bên cạnh đó, nguồn ánh sáng laser

được đặt ở trung tâm của ăng ten parabol là để trở về vị trí nguồn âm.

(2) **Tính di động cao.** Tích hợp bộ thu sóng ăng ten parabol, bộ xử lý tín hiệu siêu DSP, màn hình LCD hiển thị kết quả, bộ lưu trữ số liệu, pin. Bằng cách kết hợp DSP chuyên dụng, kết quả phân tích hiển thị trên màn hình LCD thời gian thực, chỉ cần cầm bằng một tay, nhấn nút “MEAS” ở mặt trước của thiết bị, có thể tìm thấy vị trí xảy ra hiện tượng phóng điện trong khi quét đối tượng cần chẩn đoán.

(3) **Có thể lưu các số liệu và dạng sóng** siêu âm, phở trong bộ nhớ, sau đó chuyển sang máy tính thông qua cổng USB.

(4) **Có thể kiểm tra tín hiệu** phát hiện bằng đầu ra âm thanh nghe được với tai nghe

Hình 4 cho thấy sử dụng MK-720 kiểm tra các thiết bị điện trong nhà máy và Bảng 1 là các thông số kỹ thuật.

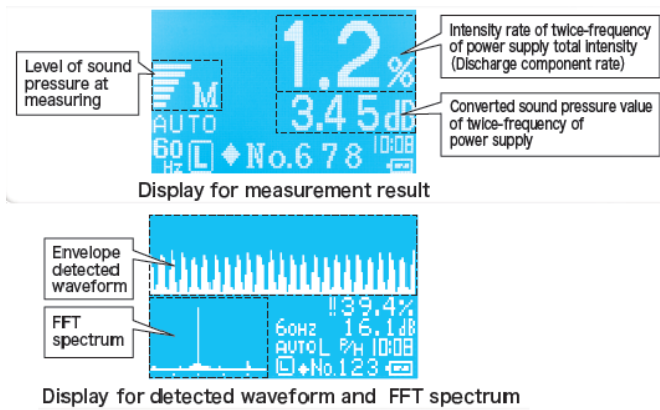


Hình 4 Kiểm tra thiết bị điện trong nhà máy

### 4. Tính năng và Đặc trưng của máy MK-720L

MK-720L được nâng cấp khoảng cách hoạt động xa 10 m để phát hiện sự phóng điện cục bộ xảy ra trong thiết bị trên cột điện, trong các trạm truyền tải, phân phối điện bên trong và bên ngoài các nhà máy, phải đứng cách xa để đảm bảo an toàn cho người sử dụng.

Thêm vào đó, được bổ sung thêm chức năng hiển thị dạng sóng và phổ của sóng siêu âm, gần như thời gian thực trên màn hình LCD (Hình 5 phần dưới) ở mặt sau của thân máy, nên người sử dụng sẽ dễ dàng phán đoán sự xuất hiện phóng điện cục bộ ngay lập tức tại hiện trường.



Hình 5 Một mẫu hiển thị màn hình LCD của MK-720 (phần trên), và của MK-720L (phần trên+dưới)

**5. Kiểm chứng phát hiện phóng điện cục bộ bộ ngắt mạch 275 kV (disconnector)**

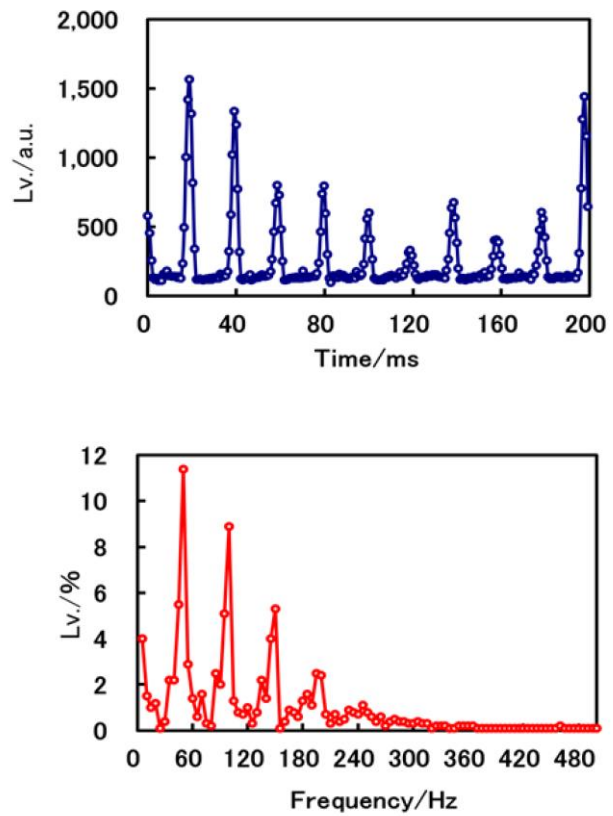
Hình 6 ảnh chụp hiện trường kiểm chứng phát hiện phóng điện cục bộ, Hình 7 phần trên là kết quả dạng sóng envelope bộ ngắt mạch 275 kV lắp đặt trong trạm biến áp được đo bằng MK-720L.

Hình 7 phần dưới phân tích phổ (FFT) cho thấy rõ thành phần đồng kỳ của tần số nguồn điện và thành phần phân cao tần của phóng điện cục bộ. Kết quả cho thấy ở bộ ngắt mạch có xảy ra phóng điện cục bộ từ chất cách điện bị nhiễm bẩn, phóng điện cục bộ có thành phần tần số bằng tần số nguồn và từ gấp 2 lần đến n lần tần số nguồn.

Khoảng cách phát hiện khoảng 5 m, tỷ lệ thành phần phóng điện 8,9%, và giá trị hoán chuyển “thành phần phóng điện” thành ”áp suất âm” là 11,7 dB, khẳng định hiệu quả của MK-720L ngay cả thử nghiệm thực địa



Hình 6 Kiểm chứng phát hiện phóng điện cục bộ bộ ngắt mạch 275 kV



Hình 7 Dạng sóng envelope (phần trên) và phân tích phổ (FFT) của sóng siêu âm phát ra từ chất cách điện bộ ngắt mạch 275 kV

## 7. Kết luận

Phương pháp phát hiện, thông số kỹ thuật và thử nghiệm thực địa của dòng máy kiểm tra phóng điện cục bộ MK-720 sử dụng sóng siêu âm đã được giới thiệu. Cấu trúc tích hợp của bộ cảm biến siêu âm và bộ phân tích tín hiệu đã giúp phát hiện phóng điện cục bộ tại chỗ dễ dàng mà không cần tiếp xúc trực tiếp và ngay ở trạng thái đường dây nóng./.

**Bảng 1 Thông số dòng máy MK-720, MK-720L**

Model	MK-720L-E	MK-720-E
Detecting frequency	Central frequency 40kHz	
Detecting directionality	±8°	
Functions	Display of discharge component rate, Display converted value in acoustic pressure Alarm based on discharge component rate, Measuring point indication with laser pointer (Laser pointer light intensity Class 2 IEC 6825-1)	
Measurement sensitivity of Discharge component rate (Discharge measurement equivalent 100 to 300pC <sup>h</sup> )	Peak hold mode	
	Display of measured wave and FFT spectrum	
Data memory	20 % and more at 2 meters distance, 6 % and more at 8 meters distance	15 % and more at 1 meter distance
	Discharge component rate: Converted value in acoustic pressure Received ultrasound waveform, FFT, TOP10	Max. 200 values Max. 70 values
Output	Buzzer by setting level excess Signal output terminal (φ3.5mm mini jack) USB port for memory data output (USB mini B socket)	
Power supply	AA dry alkaline battery 4 pcs (over continuous 7 hours use)	
Dimensions · Net weight	W 174 x H 272 x D 98mm Approx. 370g (excluding batteries)	
Measuring ambient	0 - 40°C, 10 - 85%RH (non condensing)	
Standard configuration	Main unit, AA dry battery x 4, USB cable, Software (CD)*2, Earphone, Strap, Instruction manual, Inspection sheet	
Option	Soft case (MK-9702), Carrying case (MK-9703), Reference oscillator (MP-161)	