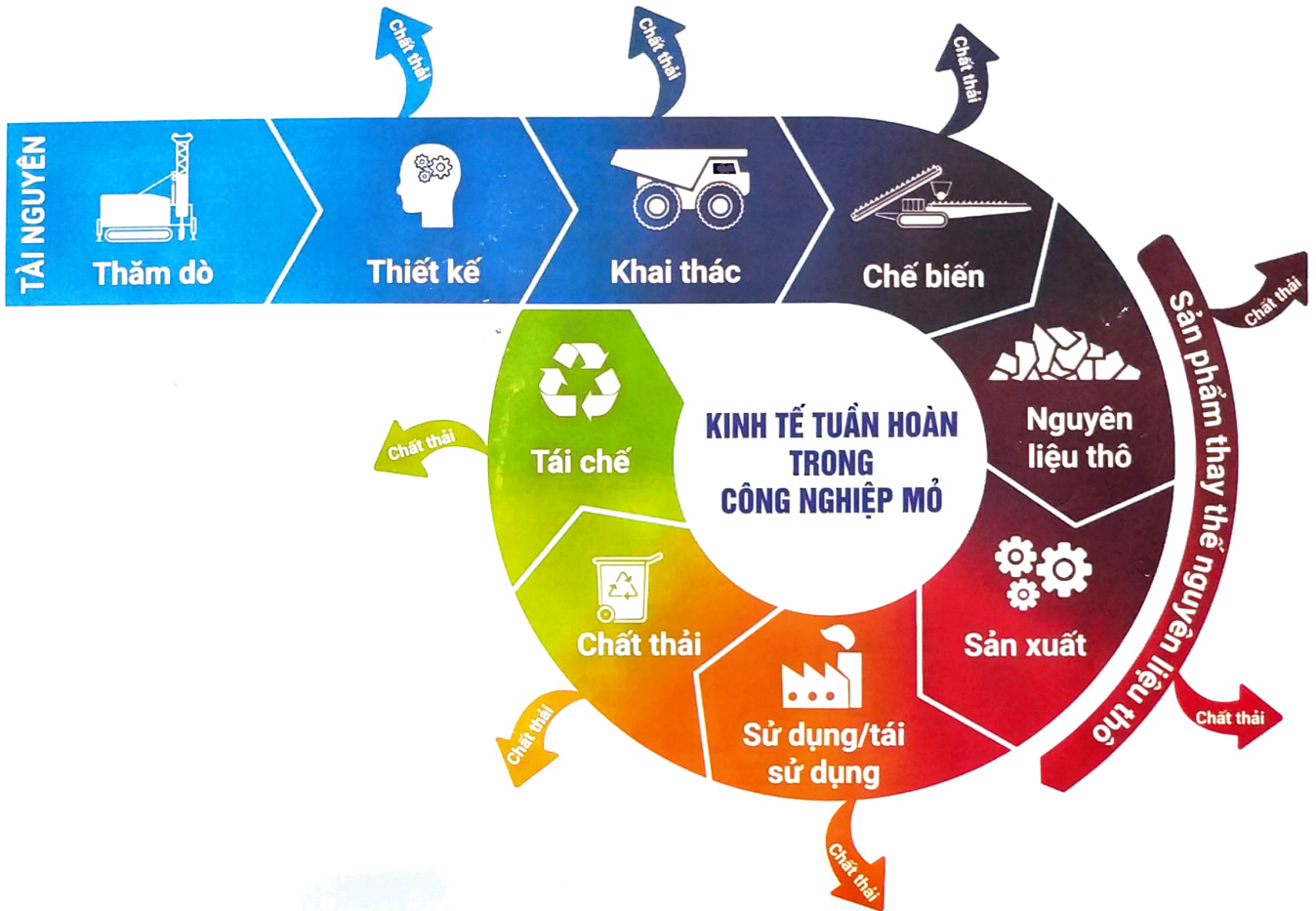




LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM



# TUYỂN TẬP BÁO CÁO

## HỘI NGHỊ KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVIII

# KINH TẾ TUẦN HOÀN

## TRONG CÔNG NGHIỆP MỎ VIỆT NAM



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG**  
Năm 2023



## BAN KHOA HỌC VÀ BIÊN TẬP

1	PGS. TS. Phùng Mạnh Đắc	Trưởng ban
2	TS. Nguyễn Tiến Chính	Phó Trưởng ban
3	TS. Nguyễn Văn Tuấn	Ủy viên
4	TS. Nguyễn Bình	Ủy viên
5	TS. Trương Đức Dư	Ủy viên
6	PGS.TS. Nhữ Thị Kim Dung	Ủy viên
7	ThS. Nguyễn Thị Hồng Gấm	Ủy viên
8	PGS. TS. Trần Xuân Hà	Ủy viên
9	TS. Tạ Ngọc Hải	Ủy viên
10	TS. Nguyễn Huy Hoàn	Ủy viên
11	GS. TS. Võ Trọng Hùng	Ủy viên
12	TS. Nguyễn Thúy Lan	Ủy viên
13	TS. Nguyễn Hồng Minh	Ủy viên
13	GS. TS. Võ Chí Mỹ	Ủy viên
15	PGS. TS. Nguyễn Cảnh Nam	Ủy viên
16	GS. TS. Bùi Xuân Nam	Ủy viên
17	TS. Đào Đắc Tạo	Ủy viên
18	KS. Trần Văn Trạch	Ủy viên
19	PGS. TS. Kiều Kim Trúc	Ủy viên thư ký



# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
<b>I. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ KINH TẾ TUẦN HOÀN</b>	<b>10</b>
1. Định hướng khai thác, sử dụng và kinh doanh đất đá thải trong quá trình khai thác và chế biến than thuộc TKV trên địa bàn tỉnh Quảng Ninh đến năm 2030, dự báo tài nguyên 2030 <i>Đặng Thanh Hải</i>	11
2. Chính sách kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam, gợi mở cho ngành công nghiệp mỏ <i>Nguyễn Thế Chinh</i>	19
3. Kinh tế tuần hoàn - Từ lý thuyết đến thực tiễn <i>Võ Chí Mỹ, Võ Ngọc Dũng, Võ Thị Công Chính</i>	29
4. Sự cấp thiết áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong khai thác và chế biến bauxite ở Tây Nguyên <i>Lưu Đức Hải</i>	36
5. Triển vọng thu, sử dụng và lưu giữ CO <sub>2</sub> (CCUS) ở Việt Nam <i>Nguyễn Hồng Minh, Nguyễn Thu Hương</i>	44
6. Mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành khai khoáng - góc nhìn từ kinh nghiệm các nước <i>Đào Văn Hiền, Nguyễn Thuý Lan</i>	51
7. Giải pháp phát triển kinh tế tuần hoàn trong ngành khai khoáng Việt Nam <i>Nguyễn Thị Kim Ngân</i>	62
8. Kinh tế tuần hoàn - Cơ sở lý thuyết và thực tiễn trong nền kinh tế và ngành công nghiệp khai khoáng Việt Nam <i>Nguyễn Cảnh Nam, Nguyễn Thị Phong Lan</i>	71
9. Tuần hoàn chất thải trong hoạt động khai thác khoáng sản tại Việt Nam: Thách thức và cơ hội cho phát triển bền vững <i>Giang Tiến Đạt, Đào Đức Quang, Mai Trọng Ba</i>	78
10. Một số vấn đề lý luận về kinh tế tuần hoàn và kinh tế tuần hoàn trong ngành công nghiệp khai thác than <i>Lê Đình Chiêu, Nguyễn Thị Hoài Nga, Đồng Thị Bích</i>	89



### III. CÁC GIẢI PHÁP KHOA HỌC CÔNG NGHỆ TRONG KHAI THÁC VÀ SỬ DỤNG TIẾT KIỆM TÀI NGUYÊN, KHOÁNG SẢN VÀ NĂNG LƯỢNG 191

20. Giải pháp công nghệ CCUS tái chế tro xỉ thải và bùn đỏ làm phụ gia sản xuất xi măng xanh CSA: Tiến gần tới mục tiêu đạt mức phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 192  
*Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Hoàng, Lê Quý Thảo  
Phạm Duy Thanh, Lê Hữu Tiến, Nguyễn Văn Đức*
21. Giải pháp ứng dụng công nghệ sản xuất thạch cao nhân tạo từ nước thải công nghệ làm phụ gia xi măng 205  
*Vũ Ngọc Quý và nnk*
22. Định hướng các giải pháp bảo vệ môi trường, trung hòa carbon của TKV hướng tới mục tiêu phát thải ròng về "0" vào năm 2050 215  
*Trần Minh Nghĩa*
23. Quy hoạch sử dụng đất đá thải mỏ làm vật liệu san lấp, vật liệu xây dựng thông thường 225  
*Nguyễn Việt Cường, Lã Mạnh Hải*
24. Cải tạo bãi thải kết hợp phát triển kinh tế rừng trên bãi thải mỏ: Thực tiễn và tiềm năng tại các bãi thải mỏ than vùng Than Quảng Ninh 231  
*Đỗ Mạnh Dũng, Trần Miên, Giáp Văn Kiên*
25. Tổng quan về những phương pháp tái chế và tái sử dụng phế thải ngành khai thác và chế biến khoáng sản. 245  
*Phạm Văn Luận, Lê Việt Hà*
26. Đánh giá tiềm năng sử dụng quặng đuôi thải tại một số nhà máy tuyển khoáng làm vật liệu xây dựng 259  
*Phạm Đức Phong, Trần Thị Hiền*
27. Nghiên cứu lựa chọn biên giới khai thác lộ thiên hợp lý cho mỏ đồng Tả Phời dưới góc độ kinh tế tuần hoàn 268  
*Lê Đức Phương, Phí Trung Kiên,  
Phạm Xuân Tráng, Đặng Ngọc Thanh*
28. Nghiên cứu xây dựng thiết bị tự động giám sát chất lượng điện năng lưới điện cao áp tại các mỏ khai thác than hầm lò. 276  
*Phạm Trung Sơn*
29. Nghiên cứu ảnh hưởng của góc nghiêng biên dạng cánh Rotor ly tâm tới vận tốc vật liệu và công suất dẫn động của máy nghiền đập trực đứng (VSI) dùng trong sản xuất cát nhân tạo từ đất đá thải mỏ 282  
*Nguyễn Đăng Tấn, Tạ Ngọc Hải*



# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG GIÁM SÁT CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG LƯỚI ĐIỆN CAO ÁP TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ

**Phạm Trung Sơn**

Trưởng Đại học Mỏ-Địa chất

## Tóm tắt

*Nâng cao chất lượng điện năng trong các mỏ than hầm lò còn ít được quan tâm, nguyên nhân là do thiếu thiết bị giám sát chất lượng điện năng có khả năng vận hành trong điều kiện đặc thù của mỏ hầm lò, Báo cáo trình bày các kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị giám sát tự động chất lượng điện năng, tự động giám sát tự động các chỉ số chất lượng điện cao áp; có tính đến hệ số an toàn, sự ổn định năng cao hiệu quả làm việc của các phụ tải điện trong mỏ than hầm lò, góp phần vào việc thực hiện mô hình “kinh tế tuần hoàn trong ngành công nghiệp mỏ”.*

## 1. Đặt vấn đề

Ngành Than Việt Nam đang phát triển khá năng động trong bối cảnh nền kinh tế đang thiếu hụt nguồn năng lượng và sự biến động khó lường trên thị trường quốc tế về giá cả các sản phẩm năng lượng hóa thạch, Bộ Công Thương đang triển khai thực hiện Chiến lược phát triển ngành Than Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 (gọi tắt là Chiến lược phát triển ngành Than) trên cơ sở thực hiện Nghị quyết số 55-NQ/TW ngày 11/2/2020 của Bộ Chính trị về định hướng Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045. Tiếp đó, ngày 9/8/2023 tại Hà Nội, Bộ Công Thương tổ chức Hội nghị công bố các quy hoạch ngành quốc gia trong lĩnh vực năng lượng và khoáng sản thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, nhằm mục tiêu cung cấp đủ nhu cầu năng lượng trong nước, đáp ứng mục tiêu phát triển kinh tế - xã hội. Trong sản xuất than, để tăng sản lượng thì cần phải tăng cường các công

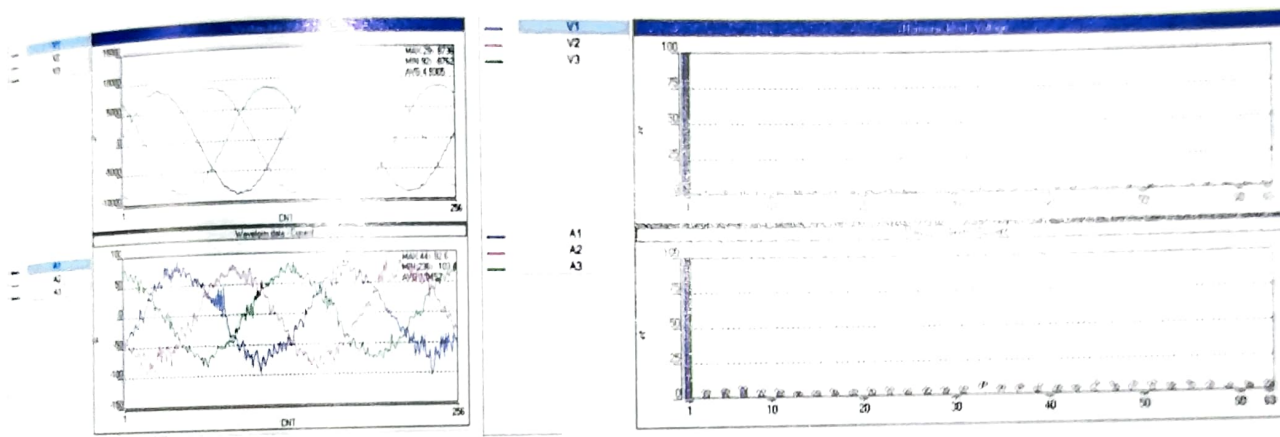
tác khai thác và đào lò chuẩn bị, điều này dẫn đến sự gia tăng số lượng thiết bị công nghệ, phụ tải điện, trong đó có các thiết bị điện tử, chỉnh lưu, biến đổi công suất lớn [1]... dẫn đến các tác động tiêu cực về chất lượng điện năng (điện áp, tần số, hình dạng của đường cong dòng điện, v.v.). Các chỉ tiêu chất lượng điện năng chính là những giá trị động, chúng phụ thuộc vào nhiều yếu tố vận hành thực tế bên ngoài (thay đổi phụ tải của hệ thống điện, sự xuất hiện của các chế độ sự cố trong mạng...). Việc suy giảm chất lượng điện năng trong hệ thống điện của các mỏ than hầm lò có thể làm cho các thiết bị công nghệ làm việc không đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật, dẫn đến giảm năng suất, giảm tuổi thọ do hỏng cách điện, gia tăng xác suất xảy ra tai nạn, sự cố về điện và cháy, nổ khí. Do đó, việc nghiên cứu, thiết kế chế tạo một thiết bị có khả năng thực hiện giám sát tự động chất lượng điện năng trong mạng cung cấp điện cho các mỏ than hầm lò là nhu cầu cấp thiết.



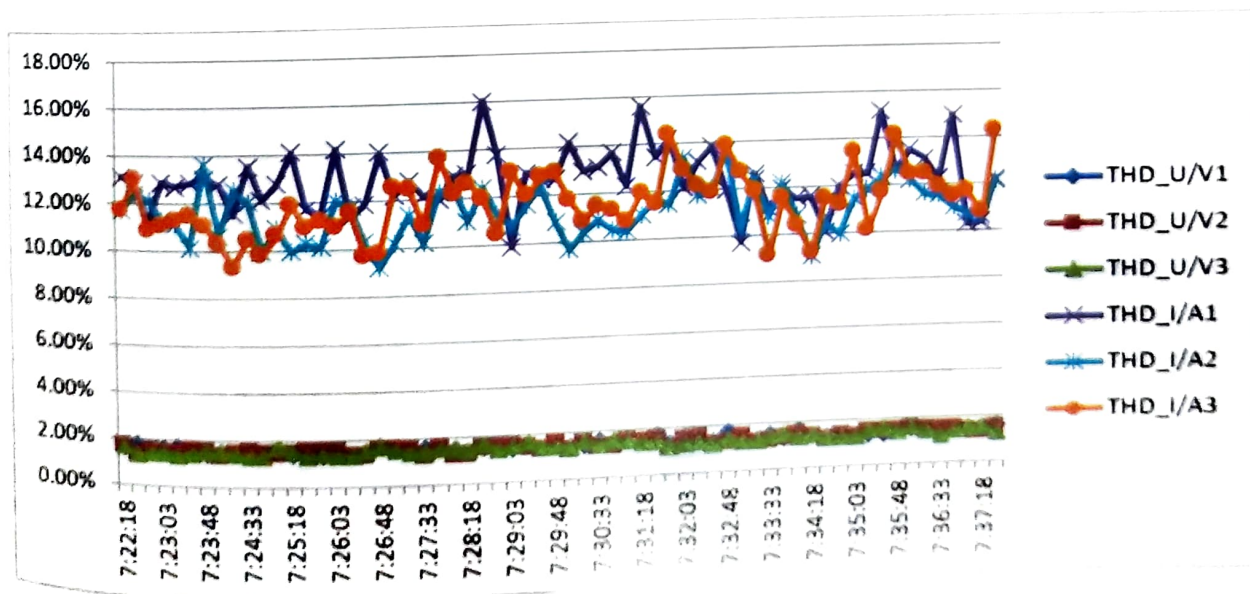
## 2. Chất lượng mạng cung cấp điện trong các mỏ than hầm lò

Hiện nay, để đáp ứng nhu cầu về sản lượng than khai thác tăng cao, công suất của các phụ tải điện trong mỏ đã tăng lên đáng kể. Việc sử dụng một số lượng lớn các thiết bị chỉnh lưu, các bộ biến đổi (biến tần, khởi động mềm) nhằm tối ưu hóa chế độ điều khiển cho hệ truyền động của các thiết bị trong dây chuyền công nghệ và tiết kiệm điện năng, khiến cho chất lượng điện

năng trong các mạng này không đảm bảo. Trong các hình 1, 2 và bảng 1 minh họa các kết quả đo lường thực tế về chất lượng điện năng trong các mạng cấp điện tại Công ty Cổ phần Than Mông Dương khi đưa các thiết bị công nghệ hiện đại vào sản xuất [2]. Kết quả đo thực tế đã chỉ ra rằng, việc dao động và xuất hiện các thành phần sóng hài bậc cao với tỷ lệ rất lớn, vượt xa các quy định trong Tiêu chuẩn về chất lượng điện năng của Bộ Công Thương đã ban hành.



Hình 1. Biểu đồ dạng sóng điện áp, dòng điện và biểu đồ thành phần sóng hài mạng cấp điện cho hệ thống quạt cửa lò Trạm +15 Vũ Môn và Trạm +20, Công ty Cổ phần Than Mông Dương – VINACOMIN [2]



Hình 2. Biểu đồ đo sóng hài của mạng cấp điện đo hệ thống quạt cửa lò Trạm +15 Vũ Môn và Trạm +20, Công ty Cổ phần Than Mông Dương – VINACOMIN [2].

Đã có nhiều tác giả ở trong và ngoài nước tiến hành nghiên cứu xác định ảnh hưởng của sóng hài bậc cao đến các chỉ tiêu chất lượng trong hệ thống cung cấp điện của mỏ hầm lò [3,4]. Các nghiên cứu này chủ yếu phân tích các hệ số công suất của thiết bị khai thác trong hầm lò và đề xuất một số biện pháp nâng cao các chỉ tiêu chất lượng điện đến các giá trị chấp nhận được hoặc nghiên cứu về thành phần sóng hài của hệ thống cung cấp điện ở các mỏ lộ thiên [5,6]. Sóng hài là kết quả nghiên cứu đó không thể ứng dụng được trong mỏ hầm lò, có điều kiện môi trường khai thác hoàn toàn khác biệt.

Sự phát triển của công nghệ chỉnh lưu, kỹ thuật biến đổi cho phép người ta sử dụng

ngày càng rộng rãi chúng vào trong vận hành thực tế trên các hệ thống cơ điện, giúp mở rộng và tối ưu đáng kể các chế độ vận hành của thiết bị công nghệ trong khai thác mỏ hầm lò. Tuy nhiên, việc sử dụng các bộ biến đổi, chỉnh lưu và biến tần trong các hệ truyền động khiến chúng trở thành tải phi tuyến, dẫn tới mức tiêu thụ năng lượng phản kháng tăng lên, làm giảm đáng kể các chỉ tiêu chất lượng điện trong mạng điện hầm lò. Do đó, vấn đề này sinh ra cần phải xác định ảnh hưởng của các thành phần sóng hài bậc cao đến sự làm việc ổn định của các thiết bị trong mạng cấp điện của mỏ hầm lò, khả năng bảo vệ và giảm mức độ ảnh hưởng và hướng dẫn loại bỏ chúng.

**Bảng 1. Tổng hợp số liệu đo các thông số kỹ thuật của mạng cấp điện cho các thiết bị trong gang gió Trạm +16 Vũ Môn, Công ty Cổ phần Than Mông Dương – VINACOMIN**

Thông số	Kỹ hiệu	ĐVT	Giá trị		
			Ave	Max	Min
Điện áp dây 1-2	$U/V_{1,2}$	[V]	6,134.31	6,284.00	5,656.00
Điện áp dây 2-3	$U/V_{2,3}$	[V]	6,270.79	6,504.00	5,983.00
Điện áp dây 3-1	$U/V_{1,1}$	[V]	6,113.76	6,282.00	5,823.00
Điện áp pha 1	$I/A1$	[A]	57.20	82.29	48.32
Điện áp pha 2	$I/A2$	[A]	57.68	82.15	48.87
Điện áp pha 3	$I/A3$	[A]	54.31	77.02	46.22
Công suất tác dụng	P	[kW]	574.05	752.80	515.40
Công suất hiệu dụng	Q	[KVAR]	181.15	440.20	93.68
Công suất toàn phần	S	[KVA]	603.06	857.40	527.30
Hệ số công suất	$PF/\cos\phi$	[N/a]	0.95	0.99	0.84
Tần số	f	[Hz]	50.04	50.29	49.78
Sóng hài điện áp pha 1	$THD_{UV1}$	[%]	1.48%	1.81%	1.28%
Sóng hài điện áp pha 2	$THD_{UV2}$	[%]	1.40%	1.68%	1.12%
Sóng hài điện áp pha 3	$THD_{UV3}$	[%]	1.42%	1.78%	1.18%
Sóng hài dòng điện pha 1	$THD_{IA1}$	[%]	12.66%	16.07%	9.76%
Sóng hài dòng điện pha 2	$THD_{IA2}$	[%]	11.29%	13.64%	9.05%
Sóng hài dòng điện pha 3	$THD_{IA3}$	[%]	11.65%	14.41%	9.17%
Độ mất cân bằng pha điện áp	$Vunb$ [%]	[%]	1.61%	6.43%	0.42%
Độ mất cân bằng pha dòng điện	$Aunb$ [%]	[%]	7.94%	24.40%	0.02%

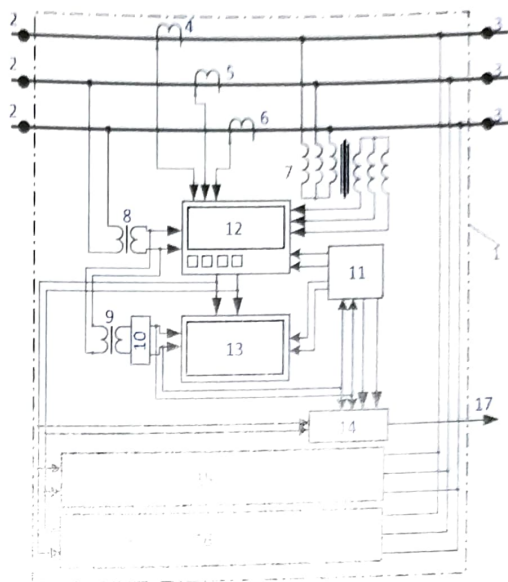


### 3. Nghiên cứu, xây dựng thiết bị tự động giám sát chất lượng điện năng

Những năm vừa qua, một số nghiên cứu đã được tiến hành nhằm giảm tác động tiêu cực của các thành phần sóng hài bậc cao do các thiết bị biến đổi gây ra đối với hệ thống cung cấp điện bằng cách sử dụng các bộ lọc tích cực đối với sóng hài bậc cao [4-6], cũng như các giải pháp nhằm gia tăng các tham số tương thích điện từ trong máy điện. Tuy nhiên, do điều kiện đặc thù của mỏ than hầm lò là môi trường nguy hiểm khí và bụi nổ nên việc sử dụng các kết quả nghiên cứu trên vào thực tế vận hành là rất khó khăn. Để có thể đo được các chỉ tiêu chất lượng điện năng thì các thiết bị phân tích chất lượng điện cần được kết nối trực tiếp (tiếp xúc điện) với mạng cấp điện cho phụ tải trong hầm lò, công việc này bị cấm theo quy định trong “Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò” [7]. Trên cơ sở phân tích, đánh giá như vậy: để đo lường được các chỉ số về chất lượng điện năng, trong nghiên cứu này đề xuất xây dựng thiết bị đa chức năng, nhằm giám sát và tự động điều chỉnh chất lượng điện năng trong mỏ than hầm lò. Thiết bị được nghiên cứu thiết lập để vận hành trong các mạng có điện áp trên 1 kV (1140 V; 6000 V) trong môi trường nguy hiểm nổ. Sơ đồ khối của thiết bị được thể hiện trên hình 3.

Thiết bị được tích hợp với công nghệ truyền thông Ethernet (10/100 mb/s) sử dụng đường truyền bằng cáp lõi đồng hoặc cáp quang, kết hợp với các thiết bị chuyển mạch truyền thông (Transmitter), sử dụng giao diện mạng RS-485 16 để tạo mạng cục bộ bằng công nghệ Ethernet, phù hợp với chuẩn truyền thông của hệ thống Quan trắc khi mỏ tập trung hiện đang vận hành tại các

Công ty khai thác mỏ vùng Quảng Ninh và hướng tới đồng bộ hóa với mạng truyền thông này.



**Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của thiết bị tự động giám sát chất lượng điện năng cho hệ thống cung cấp điện trong mỏ than hầm lò**

(1) vỏ phòng nổ; (4), (5), (6). Ba máy biến dòng đo lường; (7). máy biến điện áp đo lường ba pha; (12) bộ phân tích chất lượng điện năng; (14) bộ chuyển đổi thông tin, tín hiệu truyền thông; (13) bộ nhớ; (15) bộ lọc sóng hài tích cực bậc cao; (16). thiết bị bù công suất phản kháng; (11). nguồn điện dự phòng (Pin có thể sạc lại); (8). máy biến dòng cấp nguồn cho thiết bị hợp bộ; (9). máy biến dòng với bộ chỉnh lưu không điều khiển (10) để cấp nguồn cho bộ chuyển đổi thông tin, tín hiệu truyền thông (14) và bộ nhớ (13), cũng như để sạc lại pin cho nguồn điện dự phòng (11).

**Nguyên lý hoạt động của thiết bị như sau:**

Thiết bị giám sát chất lượng điện năng đặt trong vỏ phòng nổ (1) được kết nối giữa nguồn điện (2) và phụ tải (3). Khi được kết nối với nguồn điện, dòng điện tải chạy qua thiết bị, giá trị của dòng điện tải được các máy biến dòng (4), (5), (6) chuyển đổi thành các giá trị thứ cấp phù hợp cho việc đo lường, cung cấp cho bộ phân tích chất lượng điện năng có tích hợp bộ điều khiển công suất phản kháng, thiết bị lọc sóng hài





tích cực bậc cao (12). Để giám sát chất lượng điện áp, bộ phân tích chất lượng điện năng có tích hợp bộ điều khiển công suất phản kháng (12) được cung cấp nguồn điện áp lưới thông qua máy biến điện áp ba pha đo lường (7). Bộ phân tích chất lượng điện năng tích hợp với bộ điều khiển công suất phản kháng (12) được cấp nguồn từ máy biến dòng (8). Từ bộ phân tích chất lượng điện năng (12), các tín hiệu điều khiển đã được số hóa sẽ gửi đến bộ chuyển đổi thông tin tín hiệu truyền thông (14), đóng vai trò là bộ chuyển đổi tín hiệu để truyền tiếp qua đường truyền thông, chuyển thông tin tín hiệu tới bộ điều khiển và giám sát trung tâm và tới bộ nhớ (13) (lưu nhớ thông tin). Tín hiệu từ bộ phân tích chất lượng điện năng có tích hợp bộ điều khiển công suất phản kháng và điều khiển lọc sóng hài tích cực (12) được đưa đến bộ lọc tích cực sóng hài bậc cao (15), bộ lọc này thực hiện điều khiển tự động giới hạn tác động tiêu cực của thành phần sóng hài bậc cao của mạng điện chế độ tự động, thông tin tín hiệu cũng sẽ kích hoạt bù công suất phản kháng để nâng hệ số  $\cos \Psi$  lên giá trị yêu cầu và ổn định giá trị độ lớn điện áp lưới. Máy biến dòng (9) với bộ chỉnh lưu không điều khiển (10) dùng để cấp nguồn cho bộ chuyển đổi thông tin, tín hiệu truyền thông (14) và bộ nhớ (13), đồng thời giúp sạc lại

pin, đóng vai trò là nguồn điện dự phòng cho thiết bị (11).

#### 4. Kết luận

Khi áp dụng thiết bị giám sát tự động các chỉ số chất lượng điện năng vào thực tế vận hành, có thể thực hiện được việc giám sát tự động các chỉ số chất lượng điện năng, có tính đến hệ số công suất theo thời gian thực, tự động điều chỉnh tăng lên giá trị yêu cầu, điều này sẽ đảm bảo sự hoạt động hiệu quả cho các phụ tải trong các mỏ than hầm lò đặc biệt là các thiết bị công suất lớn, điều đã được phân tích trong nghiên cứu [8]. Việc sử dụng thiết bị được đề xuất sẽ giúp phản ứng nhanh với những thay đổi về điện áp trong hệ thống cung cấp điện mỏ, giúp lập kế hoạch, bố trí các thiết bị hợp lý, giảm chi phí xây dựng hệ thống cấp điện cho các mỏ.

Thiết bị này góp phần tạo ra một hệ thống đo lường thông tin tự động hiện đại có thể theo dõi liên tục và có khả năng tự động giám sát và điều chỉnh các chỉ tiêu chất lượng điện năng trong mạng cấp điện mỏ. Đưa thiết bị vào hoạt động cũng góp phần tích cực trong công tác kiểm toán năng lượng, giúp cho việc quản lý, vận hành, tiết kiệm điện năng trong sản xuất, góp phần tích cực trong việc thực hiện hiệu quả “mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành Than” □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Trung Sơn, Nguyễn Thị Bích Hậu, Nguyễn Đình Tiến. Đánh giá các giải pháp công nghệ mới nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện ở các công ty khai thác mỏ. Tạp chí Công nghệ Mỏ, số 02/2021.
2. Trung tâm hỗ trợ kỹ thuật an toàn công nghiệp. Báo cáo kiểm toán năng lượng Công ty Cổ phần Than Mông Dương - Vinacomin. Quảng Ninh, 2021.
3. Bùi Thị Thu Hiền, Phạm Trung Sơn. Nghiên cứu tác động của thành phần điện áp, dòng điện không Sin đến tổn thất công suất và tổn thất điện năng trong mạng điện hạ áp tại các xí nghiệp khai thác mỏ. Hội nghị kh&kt mỏ toàn quốc lần 26, 2018.



4. Phạm Trung Sơn, Nguyễn Đình Tiến. Tác động ảnh hưởng và biện pháp khắc phục các thành phần sóng hài bậc cao trên hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp công nghiệp mỏ. Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD), 2018.
5. Lê Xuân Thành. Nghiên cứu một số giải pháp nâng cao chất lượng điện năng trong lưới điện 6kV các mỏ lộ thiên Quảng Ninh, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội, 2014.
6. Nguyễn Xuân Nhi. Nghiên cứu và đề xuất một số giải pháp nhằm nâng cao chất lượng điện áp lưới điện 6kV của Công ty than Nam Mẫu-TKV, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội, 2017.
7. QCVN01:2011/BCT. Quy chuẩn Kỹ thuật quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò. Bộ Công Thương, 2011.
8. Phạm Trung Sơn. Nghiên cứu sự ảnh hưởng của việc điều chỉnh điện áp tại trạm biến áp và bù công suất phản kháng đến chất lượng điện áp trong mạng điện mỏ vùng Quảng Ninh. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 1.2023.