



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ETAP TRONG THIẾT KẾ, KIỂM TRA, QUẢN LÝ VÀ VẬN HÀNH MẠNG CẤP ĐIỆN TRONG CÁC XÍ NGHIỆP MỎ

Hồ Việt Bun

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 Phố Viên, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 25/2/2025

Ngày nhận bài sửa: 20/3/2025

Ngày chấp nhận đăng: 05/4/2025

Tác giả liên hệ:

Email: hovietbun@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đề cập tới việc ứng dụng phần mềm Etap để mô phỏng, thực hiện việc phân tích, giám sát, điều khiển, tối ưu hóa và tự động hóa các hệ thống cung cấp điện trong các xí nghiệp mỏ. Kết quả mô phỏng cho phép các nhà quản lý công tác cơ điện mỏ theo dõi được các thông số làm việc của mạng cấp điện một cách trực quan như: dòng điện, công suất, tổn hao điện áp, dòng điện ngắn mạch, ... và đặc biệt có khả năng kiểm tra được khả năng làm việc của các thiết bị bảo vệ với các giá trị đang cài đặt khi có sự cố xảy ra.

Từ khóa: Phần mềm Etap, mô phỏng, mạng điện xí nghiệp mỏ, kiểm tra các thông số cài đặt của bảo vệ.

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thời đại khoa học công nghệ 4.0 việc ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác thiết kế, thiết lập các hệ thống giám sát và kiểm tra các thông số làm việc của mạng cung cấp điện ở các xí nghiệp công nghiệp được thực hiện phổ biến. Bởi vậy ngành mỏ cũng cần nhanh chóng ứng dụng công nghệ thông tin phục vụ công tác thiết kế, quản lý mạng cấp điện cho các xí nghiệp, góp phần hiện đại hóa và mang lại hiệu quả cho sản xuất.

Hiện nay có nhiều phần mềm tính toán thiết kế hệ thống điện như: Matlab, ABB, Ecodial, Eplan Electric, PSS-ADEPT, Etap, ... những phần mềm này chủ yếu tập trung mô phỏng các hệ thống cung cấp điện dân dụng. Tuy nhiên, khi thực hiện vào việc mô phỏng cho mạng cấp điện cho các xí nghiệp mỏ gặp nhiều khó khăn, đặc biệt không có những thiết bị điện phòng nổ đặc thù như đang sử dụng trong mỏ. Do vậy, chúng tôi đã lựa chọn phần

mềm Etap để phân tích, mô phỏng, giám sát, điều khiển, tối ưu hóa và tự động hóa các hệ thống điện với các các phần tử có sẵn kết hợp với đặc điểm của thiết bị điện mỏ để xây dựng các khối chức năng (module) thiết bị điện phòng nổ đặc thù phù hợp với đặc tính mạng điện mỏ.

Khi thiết lập được mô hình các module của các thiết bị điện đặc thù của xí nghiệp mỏ, kết hợp với các phương án tổ chức cung cấp điện đã được phê duyệt thì việc kết nối các trang thiết bị điện với các thông số thực tế lại thành một mạng cấp điện hoàn chỉnh gồm cả phần cao áp và hạ áp rất đơn giản, có thể thực hiện vận hành giám sát các thông số mạng điện làm việc trực quan trên sơ đồ mô phỏng. Ngoài ra, việc thay đổi thông số của thiết bị trong mạng làm việc cũng rất nhanh [2]. Quá trình mô phỏng giúp cho việc tính toán các thông số của mạng điện được thực hiện một cách nhanh chóng. Ta cũng có thể kiểm tra khả năng làm việc của các thiết bị bảo vệ khi gặp sự cố, kiểm tra khả năng tác



động phân cấp của các thiết bị trong mạng cấp điện xí nghiệp mỏ.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về phần mềm Etap

Etap là một phần mềm mô phỏng (Etap simulator) của Công ty Operation Technology, Inc (OTI) được dùng để thiết kế và mô phỏng dựa trên những khối chức năng (module) thiết bị điện có sẵn, xây dựng sơ đồ hệ thống cung cấp điện, qua đó mô tả sự vận hành của hệ thống bao gồm: Phân tích và tính toán các thông số của hệ thống như dòng điện, điện áp, công suất tối ưu, đánh giá ổn định của hệ thống, ...

Etap được chia thành 2 mảng chính: Etap Off-line cung cấp các module thiết bị điện để xây dựng sơ đồ, mô phỏng hệ thống điện cần thiết kế. Với mô hình được mô phỏng có thể cho vận hành kiểm tra các thông số kỹ thuật trước khi đưa vào thi công. Etap Real Time có khả năng quản lý, vận hành hệ thống điện tự động bao gồm thu nhận dữ

liệu, giám sát và dự báo trước những sự cố có thể xảy ra, quy hoạch động cũng như thao tác tập trung hệ thống điện đang vận hành. Dựa vào nhu cầu và mục đích của từng đối tượng, từng giai đoạn thiết kế cung cấp điện mà sử dụng các module khác nhau. Bên cạnh đó, các chức năng của Etap cho phép can thiệp được trong tất cả giai đoạn của quá trình thiết kế, giúp cho quá trình chuyển giao giai đoạn, ghép nối các khâu hay bảo trì, vận hành dễ dàng do sử dụng một nền tảng, ngôn ngữ chung.

2.2. Mô hình mạng cấp điện xí nghiệp mỏ

1. Mạng điện cao áp

Đối với mạng điện cao áp trên mặt bằng các xí nghiệp mỏ sử dụng các thiết bị giống như hệ thống điện thông thường chỉ khác đối với các thiết bị cao áp 6kV phòng nổ sử dụng ở hầm lò. Bởi vậy việc sử dụng các module thiết bị có sẵn trong thư viện phần mềm mô phỏng [1], [2], [5], [6] rất thuận lợi được thể hiện trong Hình 1.

Thiết bị điện xoay chiều:



Thiết bị điện một chiều:

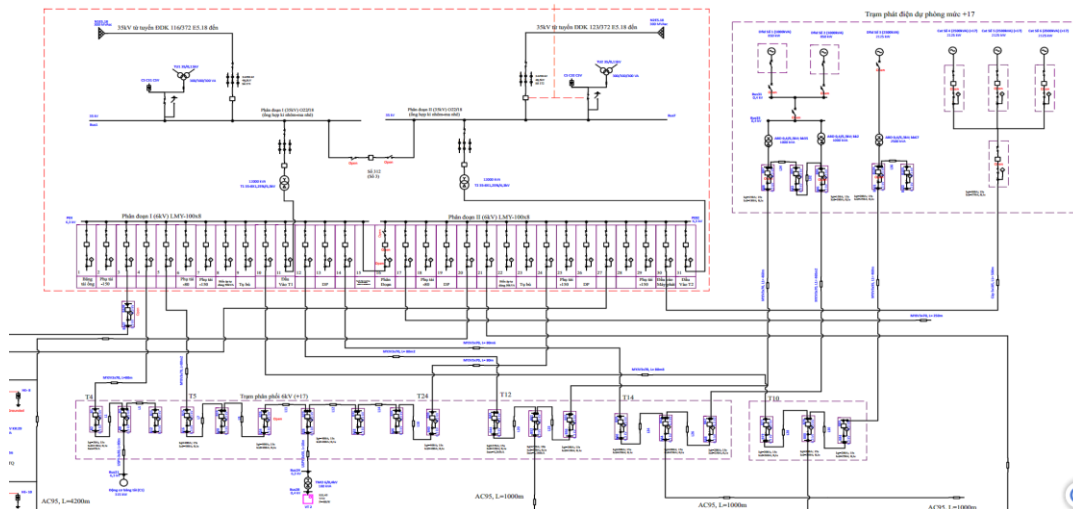


Thiết bị bảo vệ:



Hình 1. Các thiết bị có sẵn trong phần mềm mô phỏng Etap

Dựa vào sơ đồ nguyên lý hiện trạng mạng điện cao áp của xí nghiệp mỏ kết hợp với các phần tử mô phỏng kết nối lại thành sơ đồ nguyên lý cung cấp điện và nhập các thông số kỹ thuật trên phần mềm giống như hiện trạng được thể hiện trên Hình 2.



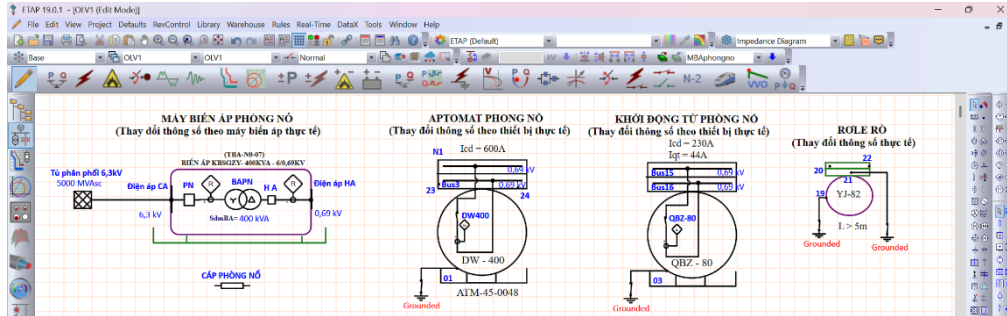
Hình 2. Sơ đồ mô phỏng một mạng điện cao áp của xí nghiệp mỏ



2. Mạng điện hạ áp mỏ hầm lò

Đặc thù của mạng điện hạ áp mỏ hầm lò là thiết bị điện phòng nổ có cấu tạo khác so với thiết bị điện thông thường. Bởi vậy kết hợp với các phần tử ở Hình 1 và cơ sở lý thuyết trang bị điện mỏ có

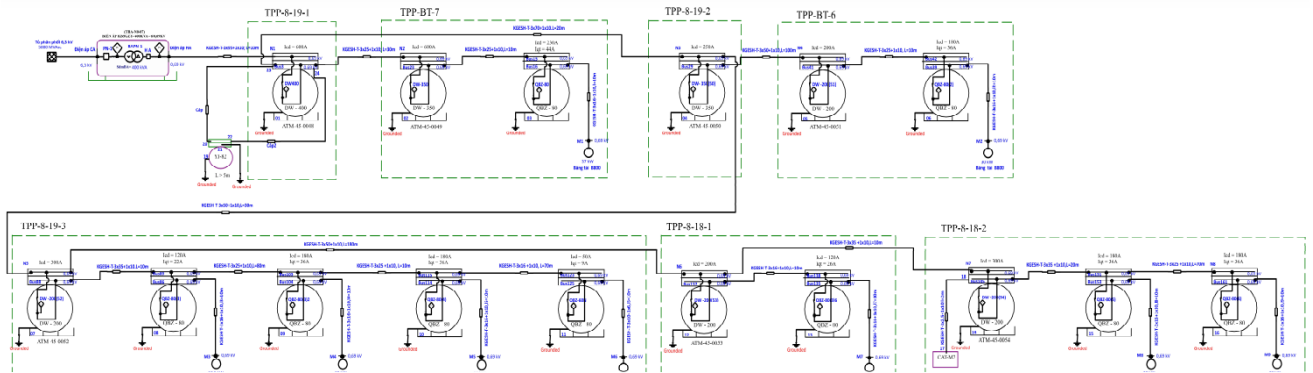
thể xây dựng nên các module của thiết bị điện phòng nổ đặc trưng tùy biến theo thiết bị thực tế ở mỏ [4] như: Máy biến áp, aptomat, khởi động từ, cáp điện được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Một số thiết bị điện đặc trưng ở mạng điện hạ áp mỏ hầm lò

Từ các trang thiết bị điện đặc trưng ở trên kết hợp với sơ đồ nguyên lý cung cấp điện cho một khu vực khai thác mỏ hầm lò đã được phê duyệt tiến hành mô phỏng trên phần mềm Etap (nhập

đầy đủ các thông số kỹ thuật như thực tế vào mô hình) ta có được kết quả sơ đồ mô phỏng như mô tả trên Hình 4 tương đương sơ đồ nguyên lý cung cấp điện đã duyệt.



Hình 4. Sơ đồ mô phỏng mạng cấp điện từ TBA 400kVA cho lò chợ

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

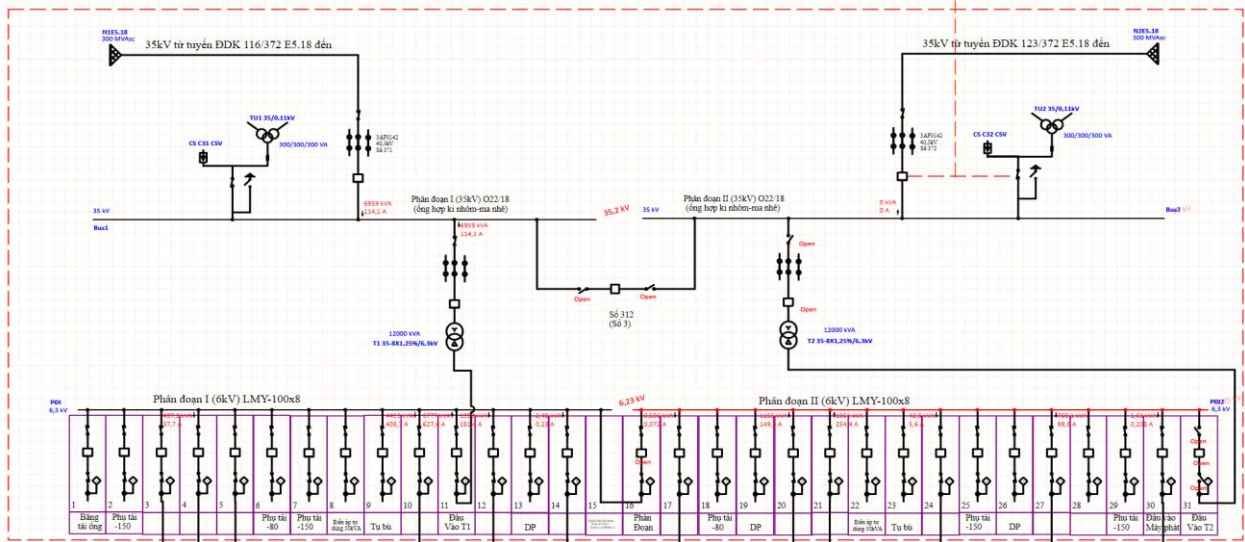
Sau khi xây dựng được mô hình chi tiết các mạng điện hạ áp hầm lò, phân xưởng trên mặt bằng và kết nối vào mạng điện cao áp trở thành một sơ đồ duy nhất mô phỏng toàn bộ mạng điện của toàn xí nghiệp mỏ mà trên thực tế các phần sơ đồ này hoàn toàn được tách riêng.

3.1. Đánh giá tình trạng làm việc của mạng điện xí nghiệp mỏ

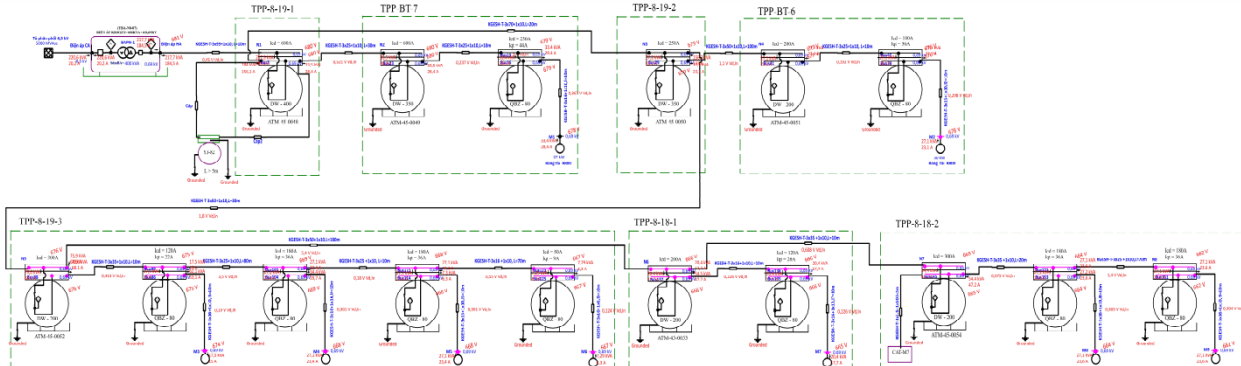
Trong thực tế việc tính toán, kiểm tra chế độ làm việc của mạng điện xí nghiệp mỏ bao gồm: khả năng mang tải của máy biến áp, dòng điện nung nóng cho phép trên các đoạn cáp, tổn hao điện áp trên các đoạn cáp và đến cực phụ tải ngoài ra còn kiểm tra thêm điều kiện khởi động động cơ, Các

công việc tính toán thường được dựa trên các công thức cơ bản trong giáo trình Điện khí hóa mỏ [4]. Công việc này rất mất thời gian và có nhiều khả năng nhầm lẫn.

Nhưng đối với sơ đồ mô phỏng khi nhập đầy đủ thông số kỹ thuật các trang thiết bị từ mạng điện hạ áp đến mạng điện cao áp ví dụ như trên Hình 2 và Hình 4. Kết quả chạy phân bố công suất theo chế độ vận hành (với tải cực đại, bình thường, non tải) trong mô phỏng sẽ cho ra toàn bộ kết quả chi tiết từ mạng cao áp đến hạ áp trong mạng điện xí nghiệp như: Công suất, dòng điện làm việc qua các phần tử, tổn hao điện áp trên các đoạn dây và điện áp còn lại trên cực phụ tải. Các thông tin này được hiện trực quan trên sơ đồ mô phỏng hoặc xuất file dữ liệu như trên Hình 5 và Hình 6 với chế độ tải bình thường.



Hình 5. Kết quả chạy mô phỏng mạng cấp điện mỏ với chế độ tải làm việc bình thường



Hình 6. Kết quả chạy mô phỏng khi chọn xem TBA 400kVA cấp điện cho lò chợ

Ví dụ một phần bảng kết quả trong file dữ liệu xuất ra ở phía mạng cung cấp điện từ TBA 400kVA cho lò chợ như:

➤ Dòng điện chạy trên các đoạn cáp và khả năng mang tải (Bảng 1)

Bảng 1. Dòng điện trên các đoạn cáp và khả năng mang tải

CKT / Branch		Busway / Cable & Reactor		
ID	Type	Ampacity (Amp)	Loading Amp	%
KGESH-T-3x10+1x6,l6=10m	Cable	66.12	6.31	9.54
KGESH-T-3x16 +1x10, L=70m	Cable	89.40	6.31	7.06
KGESH-T-3x16+1x10,l2=10m	Cable	89.40	23.13	25.88
KGESH-T-3x16+1x10,l3=10m	Cable	89.40	14.96	16.73
KGESH-T-3x16+1x10,l4=10m	Cable	89.40	23.40	26.18

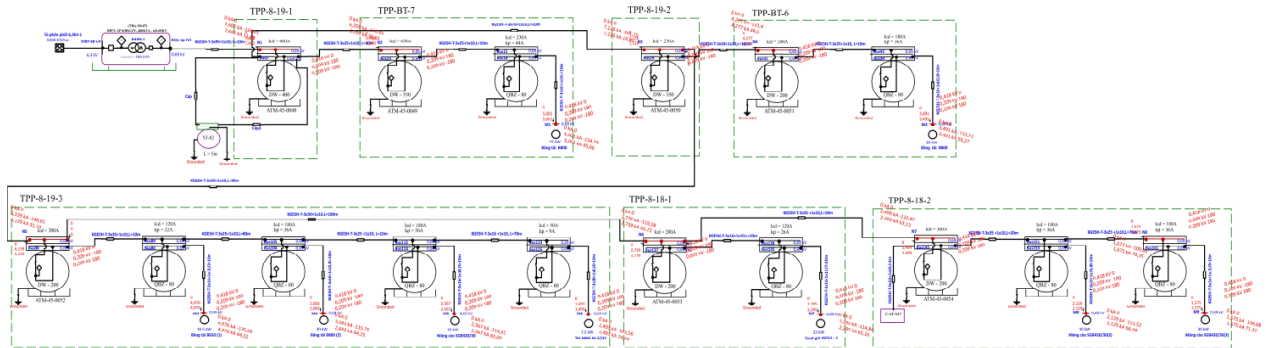
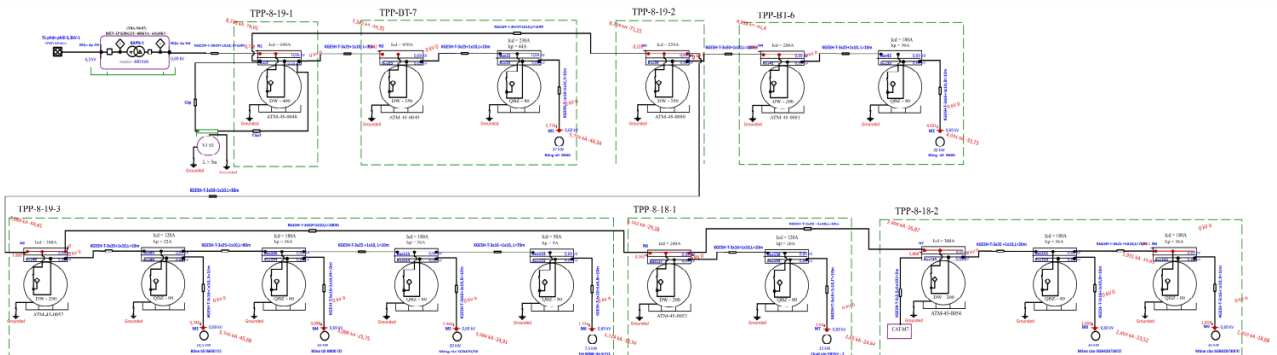
➤ *Tổn hao điện áp ở máy biến áp và trên các đoạn cáp (Bảng 2)***Bảng 2. Tổn hao điện áp ở máy biến áp và trên các đoạn cáp**

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
BAPN-1	0.197	0.100	-0.196	-0.095	0.8	4.8	100.0	98.7	1.29
KGESH-T-3x10+1x6,l=10m	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	96.7	96.7	0.03
KGESH-T-3x16+1x10, L=70m	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	96.9	96.7	0.14
KGESH-T-3x16+1x10,l=10m	0.030	0.014	-0.030	-0.014	0.0	0.0	98.4	98.3	0.09
KGESH-T-3x16+1x10,L=10m	0.018	0.009	-0.018	-0.009	0.0	0.0	96.6	96.5	0.06

3.2. Tính toán ngắn mạch, cài đặt và kiểm tra khả năng làm việc của các thiết bị

Khi xác định tổng trở để tính toán dòng ngắn mạch trong các mạng điện xí nghiệp mỏ có sơ đồ phức tạp thì việc áp dụng các công thức trong [4] để tính toán cũng gặp rất nhiều khó khăn và dễ nhầm lẫn, đặc biệt là khi tính toán ngắn mạch từ

các phía cao áp (35kV, 6,3kV) về hạ áp (0,4kV, 0,69kV, 1,2kV). Nhưng đối với mô phỏng thì chỉ việc chọn chế độ xác định dòng ngắn mạch và xác định các điểm cần tính ngắn mạch ở các phía thì cho ra kết quả rất nhanh chóng, trên Hình 7 và Hình 8 thể hiện dòng ngắn mạch ở phía mạng cáp điện hạ áp cho lò chợ.

**Hình 7. Kết quả mô phỏng dòng ngắn mạch 2 pha tại các điểm ở TBA 400kVA cho lò chợ****Hình 8. Kết quả mô phỏng dòng ngắn mạch 3 pha tại các điểm ở TBA 400kVA cho lò chợ**

Trong Bảng 3 đưa ra ví dụ một phần kết quả trong file dữ liệu xuất ra với tổng trở và dòng ngắn mạch (Bảng 4) tại các điểm ngắn mạch ở TBA

400kVA cho lò chợ được tính toán có kết quả như trong Hình 9.



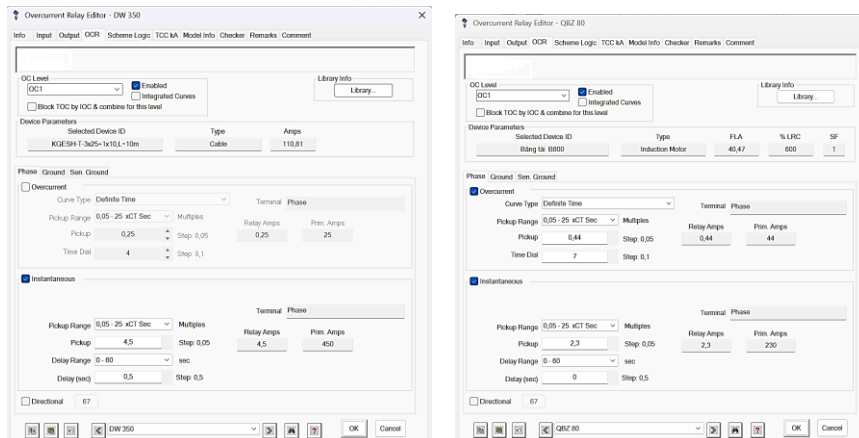
Bảng 3. Báo cáo kết quả đo điện trở được tại các điểm ngắn mạch

Bus	ID	kV	Positive Seq. Imp. (ohm)			Negative Seq. Imp. (ohm)			Zero Seq. Imp. (ohm)			Fault Zf (ohm)		
			Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
M1		0.690	0.05181	0.05063	0.07244	0.05181	0.05063	0.07244				0.00000	0.00000	0.00000
M2		0.690	0.08631	0.05763	0.10378	0.08631	0.05763	0.10378				0.00000	0.00000	0.00000
M3		0.690	0.05086	0.05208	0.07280	0.05086	0.05208	0.07280				0.00000	0.00000	0.00000
M4		0.690	0.12160	0.05864	0.13500	0.12160	0.05864	0.13500				0.00000	0.00000	0.00000
M5		0.690	0.12798	0.05944	0.14111	0.12798	0.05944	0.14111				0.00000	0.00000	0.00000

Bảng 4. Báo cáo kết quả dòng đo được tại các điểm ngắn mạch

Bus	ID	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault				Line-to-Line Fault				*Line-to-Line-to-Ground			
			I ^k	ip	Ik	I ^k	ip	Ib	Ik	I ^k	ip	Ib	Ik	I ^k	ip	Ib	Ik
M1		0.690	5.774	8.701	5.774	0.000	0.000	0.000	0.000	5.001	7.535	5.001	5.001	5.001	7.535	5.001	5.001
M2		0.690	4.031	5.877	4.031	0.000	0.000	0.000	0.000	3.491	5.089	3.491	3.491	3.491	5.089	3.491	3.491
M3		0.690	5.746	8.714	5.746	0.000	0.000	0.000	0.000	4.976	7.546	4.976	4.976	4.976	7.546	4.976	4.976
M4		0.690	3.098	4.478	3.098	0.000	0.000	0.000	0.000	2.683	3.878	2.683	2.683	2.683	3.878	2.683	2.683
M5		0.690	2.964	4.282	2.964	0.000	0.000	0.000	0.000	2.567	3.709	2.567	2.567	2.567	3.709	2.567	2.567

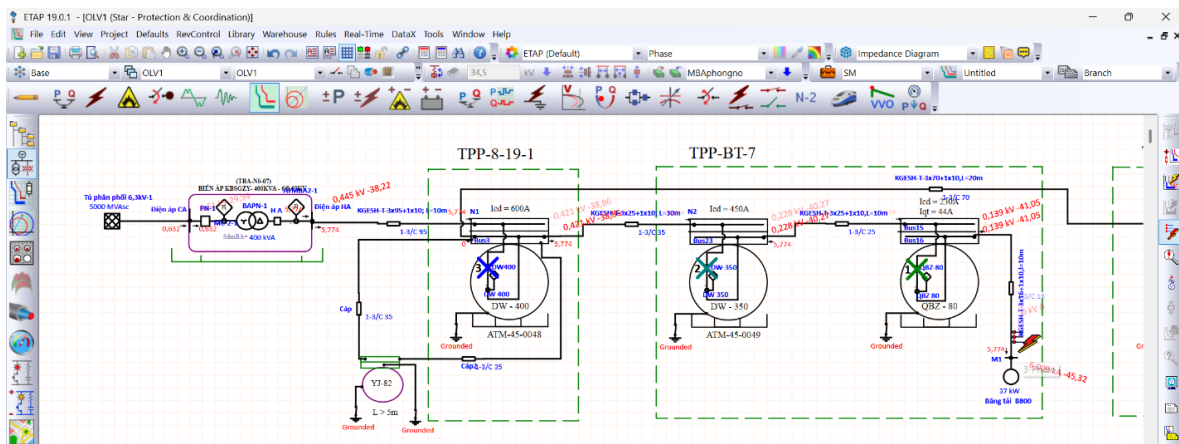
Khi tính toán được các giá trị cài đặt vào thiết bị bảo vệ trong sơ đồ hình 5, nhập các thông số vào các thiết bị bảo vệ như trên Hình 10.



Hình 10. Nhập thông số cài đặt bảo vệ cho Aptomat và khởi động từ

Để đảm bảo việc cài đặt các thông số bảo vệ cho các thiết bị là phù hợp với điều kiện thực tế, khi xảy ra sự cố thiết bị bảo vệ phải tác động và đồng thời đảm bảo tính phân cấp chọn lọc. Trên sơ

đồ mô phỏng chạy phần đặc tích bảo vệ và tạo các vị trí sự cố để kiểm tra khả năng tác động được thể hiện trên Hình 11.



Hình 11. Mô phỏng kiểm tra khả năng tác động của thiết bị bảo vệ khi bị sự cố ngắn mạch



Trên sơ đồ mô phỏng nhận thấy khi xảy ra ngắn mạch tại M1 (động cơ Băng tải B800) thì khởi động từ QBZ-80 sẽ tác động thứ 1, nếu không tác động thì DW-350 tác động thứ 2 và nếu không tác động thì DW – 400 sẽ tác động thứ 3. Qua đó nhận thấy các giá trị cài đặt là phù hợp và thiết bị bảo vệ đảm bảo tính phân cấp và chọn lọc.

4. KẾT LUẬN

➢ Ứng dụng phần mềm Etap trong mô phỏng giúp cho việc quản lý toàn bộ mạng cấp điện xí nghiệp mỏ chi tiết từ cao áp đến hạ áp các phân xưởng bằng một sơ đồ duy nhất;

➢ Sơ đồ mô phỏng trên Etap giống như trên sơ đồ mạng cấp điện thực tế ở các xí nghiệp mỏ, có khả năng:

+ Tính toán được các thông số làm việc mạng điện cao áp và hạ áp của xí nghiệp mỏ như: Dòng

điện, tổn hao điện áp, công suất, dòng điện ngắn mạch,... được thể hiện trực quan trên sơ đồ;

+ Có khả năng theo dõi vận hành, giám sát khả năng làm việc của mạng cấp điện;

+ Linh hoạt cho việc lắp ghép thêm, bớt các thiết bị và chiều dài cáp điện trong mạng cấp điện một cách nhanh chóng;

+ Đánh giá tình trạng làm việc của các thiết bị điện trong sơ đồ mô phỏng;

+ Cài đặt các thông số thiết bị bảo vệ của mạng cấp điện và kiểm tra khả năng tác động khi xảy ra sự cố trực quan trên sơ đồ mô phỏng.

➢ Ngoài ra phần mềm có khả năng xuất file kết quả ở dạng: pdf, word, excel giúp cho việc quản lý công tác cơ điện ở các xí nghiệp mỏ một cách đơn giản và nhanh chóng □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Nhân Bồn, Lê Văn Đại (2020). *Ứng dụng phần mềm ETAP trong công nghệ lưới điện thông minh*. NXB Đại học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh
- [2]. Hồ Việt Bun (2009). Nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng đánh giá và cải tạo mạng điện hạ áp mỏ. *Tạp chí Công nghiệp mỏ*. Số 2, 18-20.
- [3]. Võ Ngọc Điều (Chủ biên), Nguyễn Ngọc Phúc Diễm và nnk (2007). *Etap và ứng dụng trong phân tích hệ thống điện*. NXB Đại học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh.
- [4]. Nguyễn Anh Nghĩa, Trần Bá Đề (2008). *Điện khí hóa mỏ*. Nhà Xuất bản giao thông vận tải. Hà Nội.
- [5]. Operation Technology, Inc. (2015). *Etap 14.0 User guide*.
- [6]. Operation Technology, Inc. (2019). *Etap Demo Getting Started*.

RESEARCH ON APPLICATION OF ETAP SOFTWARE IN DESIGN, INSPECTION, MANAGEMENT AND OPERATION OF POWER SUPPLY NETWORKS IN MINING ENTERPRISES

Bun Viet Ho

Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 25/2/2025

Revised: 20/3/2025

Accepted: 05/4/2025

Corresponding author:

Email: hovietbun@gmail.com

ABSTRACT

The article deals with the application of Etap software specializing in analyzing, simulating, monitoring, controlling, optimizing and automating electrical supply systems in mining enterprises. The simulation results allow mine electromechanical managers to intuitively manage the operating parameters of the power supply network such as: Current, capacity, voltage loss, short-circuit current, etc. and especially the ability to check the working capacity of protective devices with the set values when an incident occurs.

Keywords: *Etap software; simulation; mining power network; checking protection settings*

@ Vietnam Mining Science and Technology Association