

# NGHIÊN CỨU, ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP GIẢM TÌNH TRẠNG MẤT ĐỐI XỨNG TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP ĐIỆN TẠI CÁC XÍ NGHIỆP MỎ

Phạm Trung Sơn

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

E-mail: phamtrungson\_istru\_ru@mail.ru

## TÓM TẮT

Sự mất đối xứng điện áp và dòng điện trong hệ thống cấp điện ba pha nói chung và hệ thống cấp điện ba pha của các xí nghiệp mỏ nói riêng gây ra nhiều hệ quả xấu, kể cả về kinh tế, kỹ thuật và an toàn. Cần khẩn cấp loại bỏ tình trạng mất đối xứng này hoặc giảm chúng xuống giới hạn cho phép. Bài báo nghiên cứu đề xuất các giải pháp phù hợp cho hệ thống cấp điện tại các xí nghiệp mỏ nhằm loại bỏ tình trạng mất đối xứng trong hệ thống cấp điện, đảm bảo các chỉ tiêu về chất lượng điện năng; các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và an toàn.

**Từ khóa:** cung cấp điện, mất đối xứng trong hệ thống cấp điện, chất lượng điện năng, thiết bị đối xứng.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tiêu chuẩn về chất lượng điện năng tại các điểm truyền tải đến phụ tải điện ở các cấp điện áp khác nhau của dòng điện xoay chiều có tần số 50Hz trong hệ thống cung cấp điện được trình bày trong Thông tư 39/2015/TT-BCT của Bộ Công Thương [1]. Để thiết bị điện làm việc ổn định cần phải duy trì chất lượng điện trong phạm vi quy định. Một trong những nguyên nhân làm suy giảm chất lượng điện năng tại các xí nghiệp mỏ là do sự mất đối xứng điện áp trong lưới điện [2]. Vì vậy, cần nghiên cứu các giải pháp giảm mất đối xứng tại các xí nghiệp mỏ.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên nhân mất đối xứng trong hệ thống điện

Cân bằng điện áp ba pha là chế độ làm việc lý tưởng của hệ thống điện. Tuy nhiên, phụ tải một pha, thiết bị ba pha không cân bằng, đấu nối điện kém và nhiều yếu tố khác nữa gây mất đối xứng điện áp trong hệ thống điện và làm giảm chất lượng điện năng. Ngoài những nguyên nhân kể trên, sự mất đối xứng điện áp còn có thể do những trường hợp sự cố trong mạng, chẳng hạn như ngắn mạch hoặc đứt pha [4]. Các hậu quả chính của sự mất đối xứng điện áp, bao gồm:

- **Gia tăng tổn thất điện năng.** Mất đối xứng điện áp luôn gây ra tổn thất điện năng tăng cao trong hệ thống điện. Hệ số mất đối xứng điện áp càng cao thì tổn thất công suất càng lớn. Điều này làm tăng chi phí khi chi trả tiền điện [4], làm nóng cuộn dây động cơ, giảm độ bền cách điện của chúng;
- **Động cơ hoạt động bất thường.** Động cơ ba pha được cung cấp điện áp ba pha đối xứng tạo ra mômen xoắn trực tiếp. Điện áp thứ tự nghịch do mất đối xứng điện áp tạo ra mômen hãm ngược chiều, dẫn đến rung và ồn trong động cơ;
- **Giảm tuổi thọ thiết bị.** Nhiệt độ cao trên mức cho phép thì sẽ rút ngắn đáng kể tuổi thọ của các thiết bị và đẩy nhanh chu kỳ thay thế, làm tăng đáng kể chi phí vận hành và bảo trì thiết bị;
- **Ảnh hưởng đến hoạt động của rơle bảo vệ.** Thành phần dòng điện thứ tự không lớn do điện áp không đối xứng có thể gây ra sự cố hoặc làm giảm độ nhạy của rơle bảo vệ chạm đất;
- **Các phép đo không chính xác.** Sự xuất hiện các thành phần điện áp hoặc dòng điện thứ tự nghịch và thứ tự không làm cho các phép đo không chính xác trong nhiều loại dụng cụ đo lường. Sự không chính xác của các giá trị đo có thể ảnh hưởng đến sự tương thích về các thông số cài đặt và sự phối hợp của hệ thống bảo vệ rơle, tính đúng đắn trong các quyết định của một



số chức năng tự động của hệ thống;

- **Ảnh hưởng đến hoạt động của máy biến áp (MBA).** Điện áp ba pha có tỷ số mất cân bằng cao về điện áp, có thể làm mất cân bằng dòng từ thông trong MBA sẽ gây thêm tổn thất từ trường trong lõi, làm tăng nhiệt độ của các cuộn dây và thậm chí có thể làm cháy, hỏng MBA;
- **Tăng mất đối xứng điện áp trong trường hợp hỏng dây trung tính.** Đối với một hệ thống điện có trung tính nối đất, điện trở cao của dây dẫn trung tính có thể làm tăng sự mất đối xứng điện áp, do đó làm hỏng thiết bị được đấu nối vào mạng, trường hợp nghiêm trọng là phá hủy tất cả thiết bị trên lưới.

Căn cứ vào phân tích trên đã cho thấy rằng hậu quả của việc mất đối xứng điện áp trong hệ thống điện là rất nghiêm trọng. Do đó, việc nghiên cứu, đề xuất các giải pháp giảm tình trạng mất đối xứng điện áp trong hệ thống cung cấp điện tại các xí nghiệp khai thác mỏ mang tính cấp thiết.

## 2.2. Các giải pháp giảm mất đối xứng trong hệ thống cung cấp điện

Để loại bỏ mất đối xứng điện áp trong hệ thống điện, cần xây dựng sơ đồ đấu nối thống nhất các phụ tải ở giai đoạn đầu của thiết kế. Trong trường hợp này, cần tính đến năng lực và lịch trình làm việc của phụ tải. Theo [5], sự phân bố đồng đều theo pha của các phụ tải trong mạng hạ áp đảm bảo giảm 20% hệ số không đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự thuận và nghịch trong mạng điện. Sự không đối xứng của hệ thống điện áp ba pha được đánh giá bằng các chỉ số về chất lượng điện, như hệ số không đối xứng theo thành phần thứ tự nghịch  $K_{2U}$ , % và thứ tự không  $K_{0U}$ , %. Các chỉ tiêu chất lượng này đã được tiêu chuẩn hóa. Theo [1], ở chế độ làm việc bình thường, khách hàng sử dụng lưới điện phân phối phải đảm bảo thiết bị của mình không gây ra thành phần thứ tự nghịch của điện áp pha tại điểm đấu nối quá 3 % điện áp danh định đối với cấp điện áp 110 kV hoặc quá 5 % điện áp danh định đối với cấp điện áp dưới 110 kV. Các tiêu chuẩn này là bắt buộc đối với tất cả các chế độ vận hành cung cấp điện, chỉ có một số ngoại lệ trong các trường hợp bất khả kháng [1]. Các giá trị của hệ số mất cân bằng điện áp theo các thành phần đối xứng được xác định theo công thức [4, 6]:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_{0U} = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

Trong đó:  $U_2$  - điện áp thứ tự nghịch;  $U_1$  - điện áp thứ tự thuận;  $U_0$  - điện áp thứ tự không.

Sự mất đối xứng điện áp do phụ tải điện không đối xứng gây ra được giới hạn bởi tiêu chuẩn  $K_{2U} \leq K_{2U\text{ph}}$  bằng các giải pháp về xây dựng các sơ đồ tổ chức cung cấp điện và bằng cách sử dụng các thiết bị đối xứng đặc biệt. Các giải pháp để giải quyết cho vấn đề này được đề xuất dưới đây.

### a) Tăng công suất của MBA trong hệ thống

Nghiên cứu [5] chỉ ra sự phụ thuộc của hệ số mất đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch đối với phía cao áp và hạ áp dựa trên công suất của MBA. Trong quá trình thí nghiệm, khi công suất của MBA giảm thì ở phía hạ áp, hệ số mất đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch tăng lên và ở phía cao áp thì giảm đi. Sự phụ thuộc này được khảo sát và phân tích ở các giá trị công suất khác nhau theo cấp điện áp, hệ số mất đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch luôn cao hơn ở phía hạ áp của MBA. Hệ số mất đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch trong mạng hạ áp sẽ tăng khi công suất nguồn tăng và công suất MBA giảm. Đồng thời, khi công suất của nguồn điện tăng lên thì hệ số mất đối xứng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch ở phía cao áp lại giảm khi công suất của MBA giảm.

### b) Sử dụng thông số đấu nối phù hợp trong hệ thống

Như đã biết, với tỉ số giữa công suất ngắn mạch tại một nút mạng  $S_N$  và phụ tải một pha  $S_{1\text{pha}}$  thỏa mãn điều kiện  $S_N \geq 50S_{1\text{pha}}$  thì hệ số của thành phần điện áp thứ tự nghịch  $K_{2U}$  không vượt quá  $K_{2U\text{ph}}$ . Do đó, để đảm bảo chất lượng điện năng, khuyến nghị nên kết nối các phụ tải một pha có thể gây ra tình trạng mất đối xứng đối với các lưới điện thỏa mãn điều kiện trên [5].

### c) Sử dụng biến trở giữa các pha

Một trong những giải pháp để giảm mất đối xứng điện áp là hiệu chỉnh các tải theo pha. Giải pháp kỹ thuật cho phương pháp này là đấu nối thêm biến trở giữa các pha [5]. Trong trường hợp này, có thể xác định được giá trị của các thành phần điện áp trên đường dây sẽ thay đổi như thế nào, từ đó có thể tìm ra hướng phù hợp để giảm hệ số mất cân

bằng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch. Bằng cách thay đổi các quan hệ phụ thuộc này, có thể chọn các giá trị cuối cùng của điện trở giữa các pha mà tại đó giá trị của hệ số mất cân bằng điện áp theo thành phần thứ tự nghịch sẽ nằm trong giới hạn cho phép.

**d) Sử dụng các thiết bị đối xứng**

Trong thực tế, việc giảm mất đối xứng điện áp có thể được đảm bảo bằng cách phân bố hợp lý các phụ tải. Nếu không thể đảm bảo mức độ mất đối xứng điện áp cần thiết bằng các giải pháp thiết lập các sơ đồ tổ chức đầu nối, thì cần thiết sử dụng các thiết bị đối xứng.

Thiết bị đối xứng để cân bằng phụ tải trong các pha phổ biến là ứng dụng thiết bị cân bằng kiểu MBA. Nó được thực hiện bằng cách thay đổi giá trị điện dung của tụ điện hoặc độ tự cảm của cuộn dây. Các nghiên cứu cho thấy rằng một thiết bị cân bằng như vậy có thể làm giảm sự mất cân bằng điện áp đến giá trị cho phép [5],

Đối xứng hóa bằng thiết bị đối xứng nhằm bù thành phần dòng điện thứ tự nghịch tương đương của tải không đối xứng, làm triệt tiêu thành phần điện áp thứ tự nghịch. Tùy thuộc vào vị trí lắp đặt, thiết bị đối xứng có thể chia ra nhóm các biện pháp đối xứng: Lắp đặt cục bộ; theo nhóm; tập trung và lắp đặt kết hợp.

Mỗi phương pháp đối xứng đều có những đặc điểm riêng. Phương pháp đối xứng cục bộ cho phép loại bỏ sự không đối xứng của dòng điện và điện áp trực tiếp vào phụ tải, tuy nhiên công suất lắp đặt đồng thời của các phần tử lực của các thiết bị đối xứng được sử dụng trong mạng là không hợp lý. Với phương pháp lắp đặt thiết bị đối xứng tập trung, công suất lắp đặt của các phần tử đối xứng thấp hơn, tuy nhiên khi trong mạng có tải không đối xứng, sự mất đối xứng dòng điện và điện áp vẫn còn tồn tại. Phương pháp lắp đặt theo nhóm là giải pháp kết hợp những ưu điểm và nhược điểm của phương pháp tập trung và phương pháp cục bộ. Việc lựa chọn phương pháp đối xứng chủ yếu được xác định bởi các thông số mạng và bản chất của phụ tải.

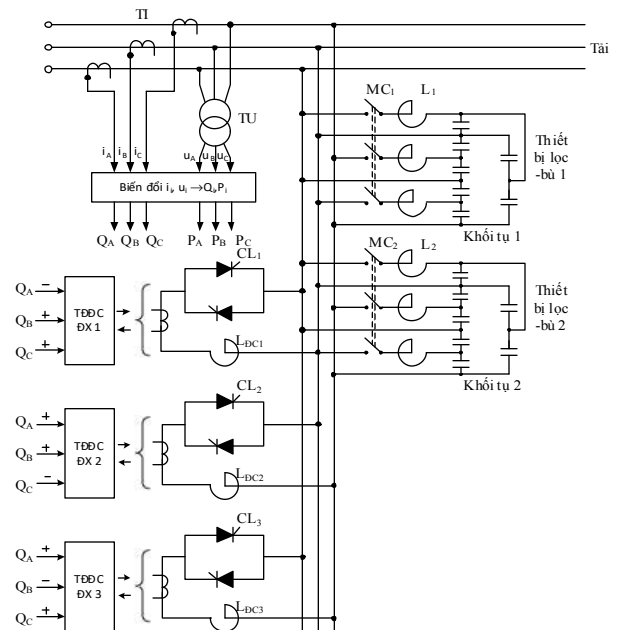
Các thiết bị đối xứng trong quá trình vận hành có thể không được điều chỉnh hoặc được điều chỉnh, tùy thuộc vào đặc điểm của đường cong phụ tải. Đa số các sơ đồ thiết bị đối xứng có cả kết nối

điện và điện từ giữa các phần tử. Mỗi sơ đồ và giải pháp kỹ thuật cụ thể của các thiết bị đối xứng đều có những ưu, nhược điểm nhất định làm hạn chế phạm vi ứng dụng của chúng.

**3. KẾT QUẢ ỨNG DỤNG GIẢI PHÁP**

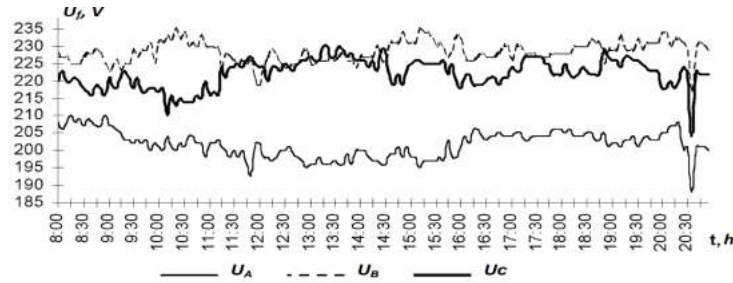
Hiện nay do việc sử dụng phổ biến các thiết bị điện tử công suất nhằm nâng cao hiệu quả vận hành và tiết kiệm điện năng. Tuy nhiên, việc này cũng làm suy giảm chất lượng điện năng do xuất hiện các thành phần sóng hài bậc cao. Vì vậy, để vừa đảm bảo đối xứng lưới điện, vừa nâng cao chất lượng điện năng, tiết kiệm năng lượng, trong nghiên cứu này, đề xuất sử dụng ngay mô hình thiết bị đối xứng và lọc - bù tĩnh tác động nhanh đa chức năng.

Nguyên lý hoạt động sơ đồ thiết bị đối xứng và lọc - bù tĩnh tác động nhanh đa chức năng thể hiện trên Hình H.1.

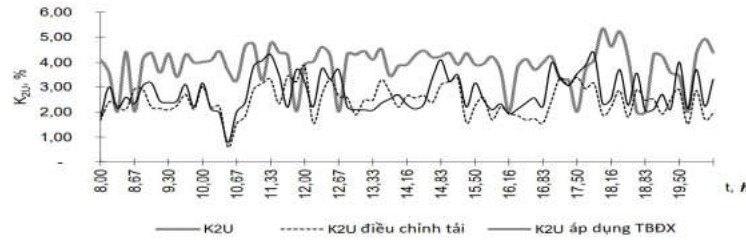


**H.1. Sơ đồ thiết bị đối xứng và lọc - bù tĩnh tác động nhanh đa chức năng**

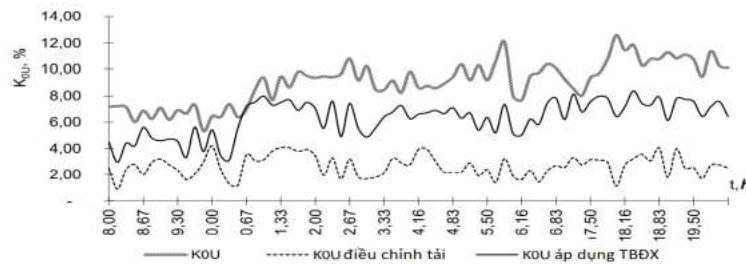
Ở đây, dòng điện và điện áp qua các biến dòng (TI), biến điện áp (TU) được đưa vào bộ biến đổi để chuyển thành các đại lượng công suất phản kháng  $Q_i$  và công suất tác dụng  $P_i$ , các đại lượng này chuyển trực tiếp vào thiết bị tự động điều chỉnh đối xứng (TĐĐCĐX). Thiết bị TĐĐCĐX chịu trách nhiệm điều chỉnh đối xứng cho lưới điện trên cơ sở điều chỉnh đa cấp, tác động nhanh thông qua các



H.2. Kết quả đo điện áp ba pha tại Phân xưởng cơ khí trước khi áp dụng



H.3. Kết quả đo thành phần điện áp thứ tự nghịch, trước và sau khi áp dụng các giải pháp đối xứng



H.4. Kết quả đo thành phần điện áp thứ tự không, trước và sau khi áp dụng các giải pháp đối xứng

chỉnh lưu thyristor sao cho điện áp trên mỗi pha đảm bảo được điều kiện đối xứng.

Thiết bị lọc - bù đảm bảo các chức năng điều chỉnh công suất bù và lọc các thành phần sóng hài bậc cao.

Trên cơ sở thiết bị đề xuất, tiến hành áp dụng thử nghiệm cho lưới điện hạ áp 380V tại Phân xưởng sửa chữa cơ khí của Công ty Than Hạ Long. Các kết quả đo lường trước khi sử dụng thiết bị đối xứng (Hình H.2) và khi áp dụng thiết bị đối xứng và giải pháp cân bằng tải được thể hiện trên Hình H.3, Hình H.4.

Kết quả đo thể hiện trên Hình H.2 đã chỉ ra việc mất đối xứng trong mạng do mất cân bằng tải là khá lớn, sự chênh lệch về biên độ điện áp giữa các pha vượt quá 25V, tương đương trên 10%. Hệ số mất đối xứng của thành phần điện áp thứ tự nghịch  $K_{2U}$  tăng vượt quá 5%, thành phần thứ tự không  $K_{0U}$  vượt quá 12%.

Sau khi thực hiện giải pháp bố trí, đấu nối phân bố lại phụ tải. Kết quả đo lường vận hành sau đó (Hình H.3, Hình H.4) đã kéo các thành phần đối xứng về ngưỡng cho phép, các chỉ số  $K_{2U}$ ,  $K_{0U}$  nằm ở mức xấp xỉ 2%.

### 3. KẾT LUẬN

Mất đối xứng điện áp ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của động cơ, máy biến áp, tụ bù, các bộ chỉnh lưu, hệ thống đo lường, hệ thống rơle bảo vệ, gây thêm tổn thất năng lượng và gây ra sự cố mất an toàn cho hệ thống điện.

Các giải pháp được đề xuất trong bài báo này là đa dạng, phù hợp với các đặc điểm thay đổi của các sơ đồ tổ chức cung cấp điện tại các xí nghiệp mỏ, nhằm giảm thiểu tình trạng mất đối xứng, sao cho tình trạng này nằm trong các giới hạn cho phép, từ đó có thể loại bỏ các hậu quả do hiện tượng mất đối xứng gây ra □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Thông tư 39/2015/TT-BCT quy định hệ thống điện phân phối do Bộ trưởng Bộ Công Thương ban hành, 2015.
2. Vũ Tuấn Anh, Lưu Quang Vũ (2012), Một số kết quả khảo sát đánh giá chất lượng cung cấp điện cho các xí nghiệp mỏ khu vực Quảng Ninh. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, (số 6/2012). Hà Nội.
3. Phạm Văn Hòa (2011), Ngắn mạch và đứt dây trong hệ thống điện. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật.
4. Pham Trung Son (2020), Research Method for Calculating Additional Power Losses, Considering the Asymmetric Loads in the Lowvoltage Power Supply System Vietnam. Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 178, 2020
5. Гаврилов, Ф.А. (2007), Качество электрической энергии / Ф. А. Гаврилов. - Приазовский ГТУ, 2007 г. - 96 с
6. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. (2005), Качество электроэнергии на промышленных предприятиях, Энергоатомиздат.

**RESEARCH AND PROPOSAL SOLUTIONS TO REDUCE THE ASYMMETRY IN THE POWER SUPPLY SYSTEM AT THE MINING ENTERPRISES****Pham Trung Son****ABSTRACT**

*The voltage and current asymmetry in the three-phase power supply system in general and in the system of mining enterprises in particular causes many negative consequences, including economic, technical and safety. It is urgent to eliminate these asymmetries or reduce them to acceptable limits. The paper proposes suitable solutions for the power supply systems at the mining enterprises in order to eliminate the asymmetry in these ones, ensuring the power quality standards; economic, technical and safety criteria.*

**Keywords:** *power supply, asymmetry in the power supply system, power quality; symmetrical device*

**Ngày nhận bài:** 23/02//2022;

**Ngày gửi phản biện:** 25/02//2022;

**Ngày nhận phản biện:** 08/4/2022;

**Ngày chấp nhận đăng:** 17/5/2022.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*