

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM DAO ĐỘNG ĐIỆN ÁP TRONG MẠNG ĐIỆN MỎ

ĐỖ NHƯ Ý

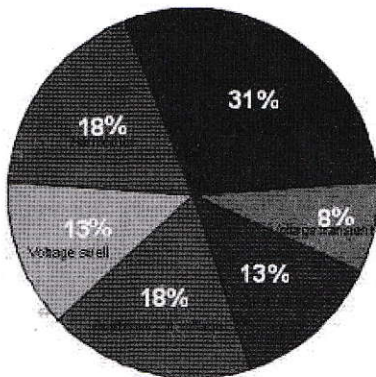
Trường Đại học Mở-Địa chất

E-mail: donhuy.hung@gmail.com

1. Tổng quan

Dao động điện áp là hiện tượng suy giảm, mất cân bằng điện áp, góc lệch pha, quá độ điện áp hoặc gián đoạn nguồn điện trong ngắn hạn. Theo [9], sự cố lỗi lôm điện áp được định nghĩa là hiện tượng điện áp hiệu dụng bị suy giảm trong khoảng 10÷90 % hay vượt quá 110 %, so với điện áp danh định trong khoảng thời gian ngắn, từ một nửa chu kỳ điện áp lưới cho đến một phút.

Theo khảo sát bởi Hội đồng Châu Âu (xem hình H.1), thì sự cố giảm điện áp ngắn hạn (VSA - Voltage Sags) chiếm 31 % và sự cố tăng điện áp ngắn hạn (VSM - Voltage Swell) chiếm 13 % trong tổng các sự cố liên quan đến hệ thống cung cấp điện. Nguyên nhân dẫn đến dao động điện áp bao gồm: chạm đất một pha, ngắn mạch, đóng cắt động cơ công suất lớn, đóng cắt máy biến áp (MBA) hoặc đóng cắt các hệ thống tụ bù,... [1].



H.1. Tỷ lệ các sự cố điện áp trong lưới điện

Trong mạng điện mỏ cũng thường xuyên xảy ra hiện tượng dao động điện áp với biên độ dao động lớn do mạng điện mỏ có kết cấu dạng tia, mạng có nhiều phụ tải có công suất lớn (máy bơm, máy xúc, máng cào,...), mạng điện thường xuyên thay đổi chiều dài theo diện sản xuất [2]. Nghiên cứu [4] chỉ ra chạm đất một pha là hiện tượng thường xuyên

xảy ra trong mạng điện mỏ và khi xảy ra chạm đất một pha dao động điện áp với biên độ điện áp có thể lớn gấp 3,5 lần điện áp danh định.

Các nghiên cứu [3], [5] cũng chỉ ra rằng: trong quá trình vận hành mạng điện mỏ, khi đóng cắt động cơ công suất lớn, đóng cắt các bộ tụ bù và khi số lượng máy xúc làm việc thay đổi cũng thường gây ra hiện tượng dao động điện áp (sụt áp, quá áp) hiện tượng này có thể gây mất an toàn trong mạng điện mỏ, có thể dẫn đến phá hủy các bộ tụ, phá hủy cách điện.

2. Nội dung nghiên cứu

Giải pháp để khắc phục sự cố dao động điện áp cũng đã được đề cập đến trong một số các công trình nghiên cứu. Theo [1], [7], để chống biến thiên điện áp ngắn hạn cho phụ tải quan trọng đề xuất sử dụng UPS on-line. Giải pháp này có ưu điểm là điện áp cấp cho phụ tải là có thể điều chỉnh được và hoàn toàn tránh được ảnh hưởng của biến thiên điện áp lưới, ngay cả khi mất điện lưới hoàn toàn thì UPS vẫn có thể duy trì điện áp cấp cho phụ tải. Tuy nhiên, giải pháp này có nhược điểm là chi phí đầu tư lớn, không gian lắp đặt yêu cầu rộng, hiệu suất của UPS không cao.

Với công trình [1] sử dụng bộ điều áp tích cực với chỉnh lưu điốt. Giải pháp này chỉ cho phép bảo vệ phụ tải trước sự biến động điện áp theo chiều hướng sụt áp. Tuy nhiên, trong quá trình hoạt động của mạng điện mỏ dao động điện áp không những chỉ có hiện tượng sụt áp xảy ra mà còn thường xuyên xảy ra quá trình lôm áp.

Trong [6] để giảm dao động điện áp của mạng điện đề xuất sử dụng thiết bị "facts", giải pháp này có thể giảm được dao động điện áp ngắn hạn. Tuy nhiên nhược điểm của giải pháp này là khi phát công suất phản kháng vào lưới, chỉ giảm được dao động điện áp của ba pha không giảm được dao động điện áp xảy ra ở trên mỗi pha.

Như vậy nhiều giải pháp đã được đề xuất để giảm dao động điện áp trong mạng điện và mạng điện mỏ, tuy nhiên, các giải pháp đề xuất đều có những nhược điểm. Để khắc phục triệt để hiện tượng dao động điện áp bao gồm cả lỗi và lỗi áp, giải pháp đề xuất là sử dụng bộ điều áp tích cực (Active Voltage Conditioner) (AVC) cho phép truyền năng lượng theo cả hai chiều, chống được sự dao động cả khi lỗi hoặc lỗi điện áp.

2.1. Nguyên lý hoạt động của bộ điều áp tích cực (AVC)

Sơ đồ nguyên lý làm việc của bộ điều áp tích cực được cho trên hình H.2 [1], [7]. Nguyên tắc làm việc của bộ AVC được thiết kế để tự động chèn một điện áp u_{inj} vào lưới như hình H.3. Để đảm bảo điện áp trên tải luôn ở giá trị danh định, ở đây bộ AVC có thể coi như một nguồn áp với độ lớn, góc pha và tần số có thể điều chỉnh, trong đó u_g là điện áp lưới, u_{inj} là điện áp chèn vào từ bộ AVC và u_L là điện áp tải.

Giả sử, một lỗi điện áp xảy ra với độ lớn và một góc nhảy pha được xác định, biểu thị bằng vector $u_{g,sag}$. Khi đó, để duy trì độ lớn của điện áp tải và ngăn chặn nhảy pha được xác định, nó biểu thị bằng vector $U_{g,sag}$, AVC sẽ tính toán tạo ra một

$$S_{inj} = U_{inj} I_1^* = (U_L - U_{g,sag}) I_1^* = (1 - U_{g,sag} e^{j\psi}) = \cos\varphi + j\sin\varphi - (U_{g,sag} \cos(\varphi + \psi) + jU_{g,sag} \sin(\varphi + \psi)) \quad (2)$$

Công suất hấp thụ bởi tải cho bởi [1], [7]:

$$S_{load} = P_{load} + jQ_{load} = U_L I_1^* = e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi. \quad (3)$$

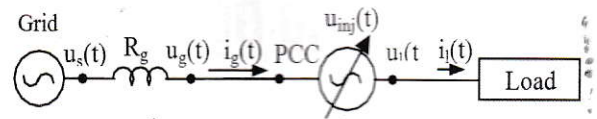
Công suất tác dụng và công suất phản kháng được bơm vào [1], [7]:

$$P_{inj} = \left[1 - \frac{U_{g,sag} \cos(\varphi + \psi)}{\cos\varphi} \right] P_{load}; \quad (4)$$

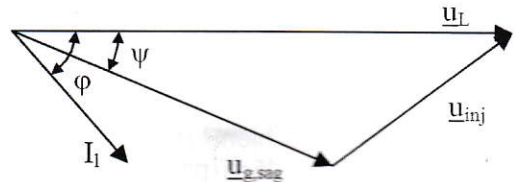
$$Q_{inj} = \left[1 - \frac{U_{g,sag} \sin(\varphi + \psi)}{\sin\varphi} \right] Q_{load}. \quad (5)$$

vector điện áp u_{inj} với độ lớn, góc pha được xác định và thêm vào lưới. Theo đồ thị vector, điện áp trên tải khi đó sẽ là:

$$U_L = U_{g,sag} + U_{inj}. \quad (1)$$



H.2. Sơ đồ nguyên lý làm việc của bộ điều áp tích cực



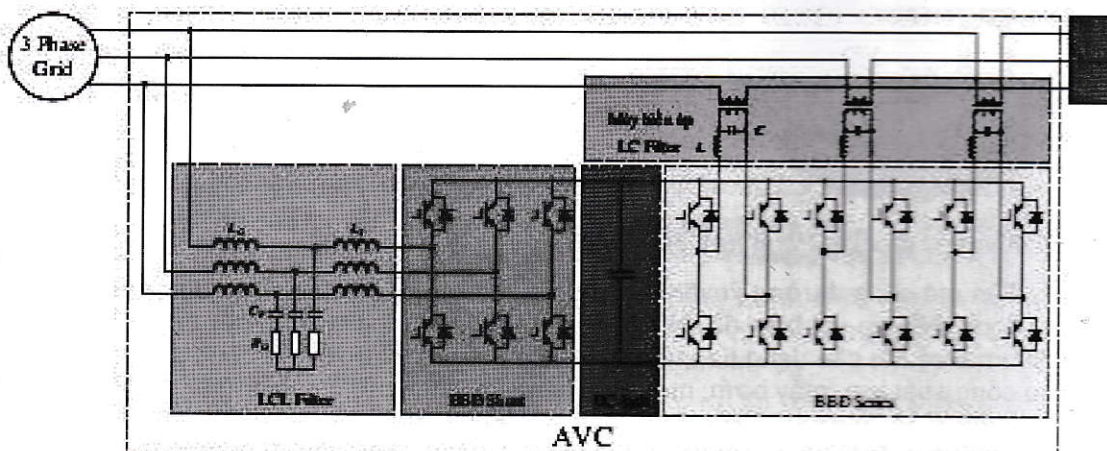
H.3. Nguyên lý bù của AVC

Từ sơ đồ trên H.3, để khôi phục cả độ lớn và góc pha của điện áp tải như điều kiện trước, giả sử điện áp và dòng điện tải trong điều kiện trước khi lỗi cả hai bằng 1 pu, công suất được huy động bởi thiết bị trong khi giảm thiểu lỗi điện áp bằng [1], [7]:

Như vậy AVC đã phải bù cả công suất tác dụng và công suất phản kháng vào lưới điện, khác với các bộ bù khác như: Tự điện, bộ SVC, Statcom,... chỉ bù công suất phản kháng vào lưới.

2.1. Cấu trúc và mô hình bộ điều áp tích cực (AVC)

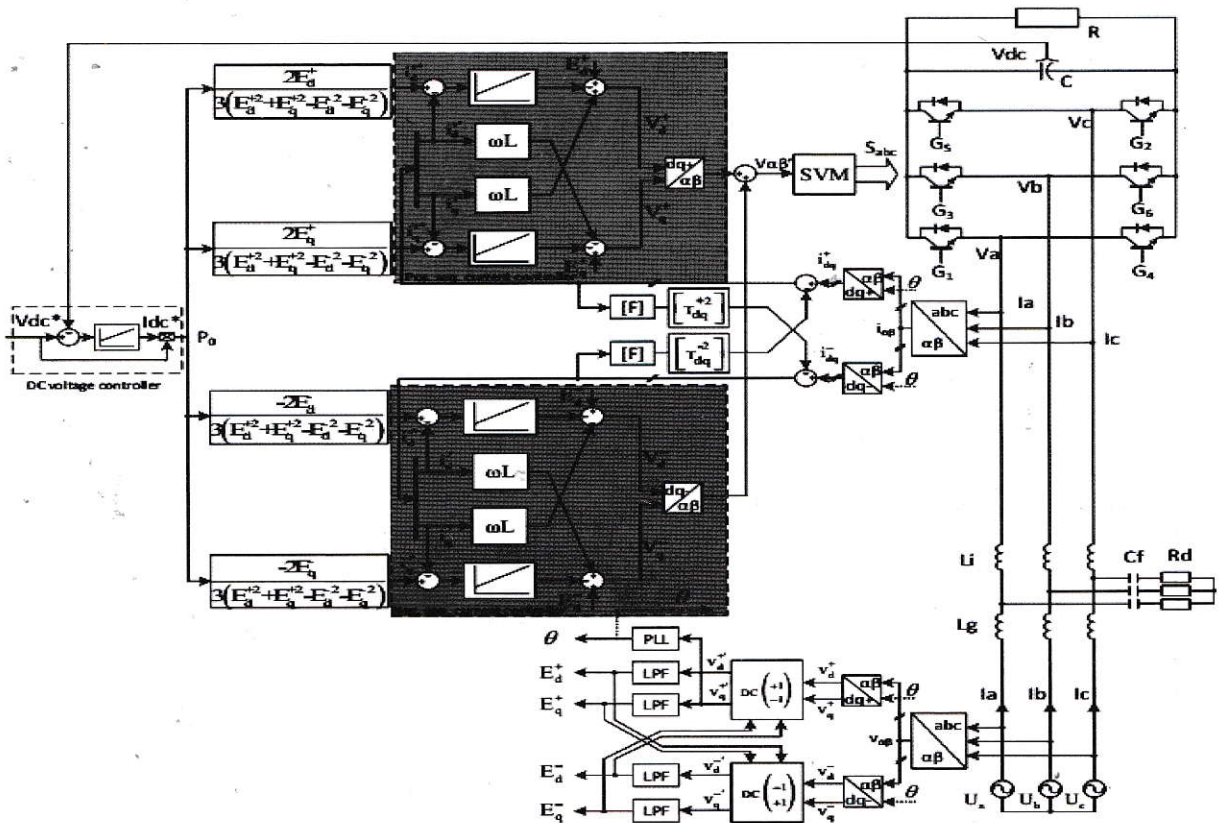
Cấu trúc của bộ điều áp tích cực AVC được cho trên hình H.4, bao gồm các bộ phận cơ bản là: Mạch lọc LCL (filter); bộ biến đổi phía lưới (Shunt converter); tụ điện một chiều DC-link; bộ biến đổi phía tải (Series converter) [7].



H.4. Sơ đồ cấu trúc của bộ AVC

Bộ biến đổi phía lưới có nhiệm vụ biến đổi điện áp xoay chiều từ lưới điện để tạo ra điện áp một

chiều phục vụ cho bộ biến đổi phía tải. Cấu trúc của bộ biến đổi phía lưới như trên hình H.5 [7], [8].



H.5. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển phía lưới

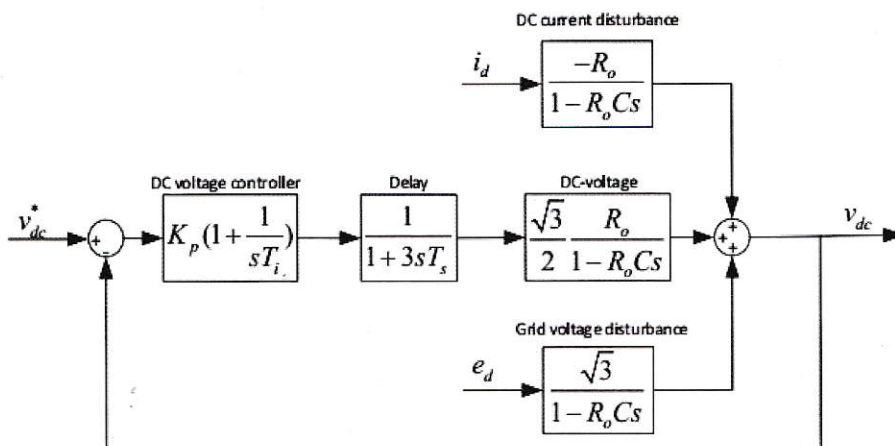
Phương pháp điều khiển trong bộ biến đổi phía lưới là sử dụng điều khiển tựa theo điện áp lưới (VOC - Voltage Oriented Control) bao gồm hai mạch vòng điều chỉnh, mạch vòng ngoài là mạch vòng điều chỉnh điện áp trên tụ điện DC-link (xem hình H.6), mạch vòng trong là mạch vòng điều chỉnh dòng điện (xem hình H.7) [7].

Các thông số của bộ điều khiển điện áp (\$K_p\$; \$T_i\$)

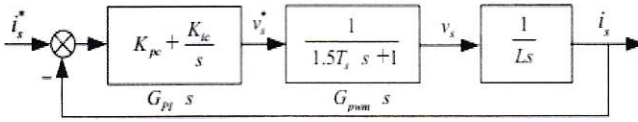
và thông số của mạch vòng điều khiển dòng điện (\$K_{pc}\$; \$T_{ic}\$) được xác định theo biểu thức:

$$\begin{cases} K_p = 0,12 \frac{C}{T_s}; \\ T_i = 17 \cdot T_s \end{cases} \quad \begin{cases} K_{pc} = \frac{L}{1,5\sqrt{a}T_s} \\ T_{ic} = 1,5 \cdot a \cdot T_s \end{cases} \quad (6)$$

Với \$1 < a < 4\$; \$T_s = (1/f_s)\$, \$f_s\$ là tần số chuyển đổi: \$L = (L_i + L_g)\$.



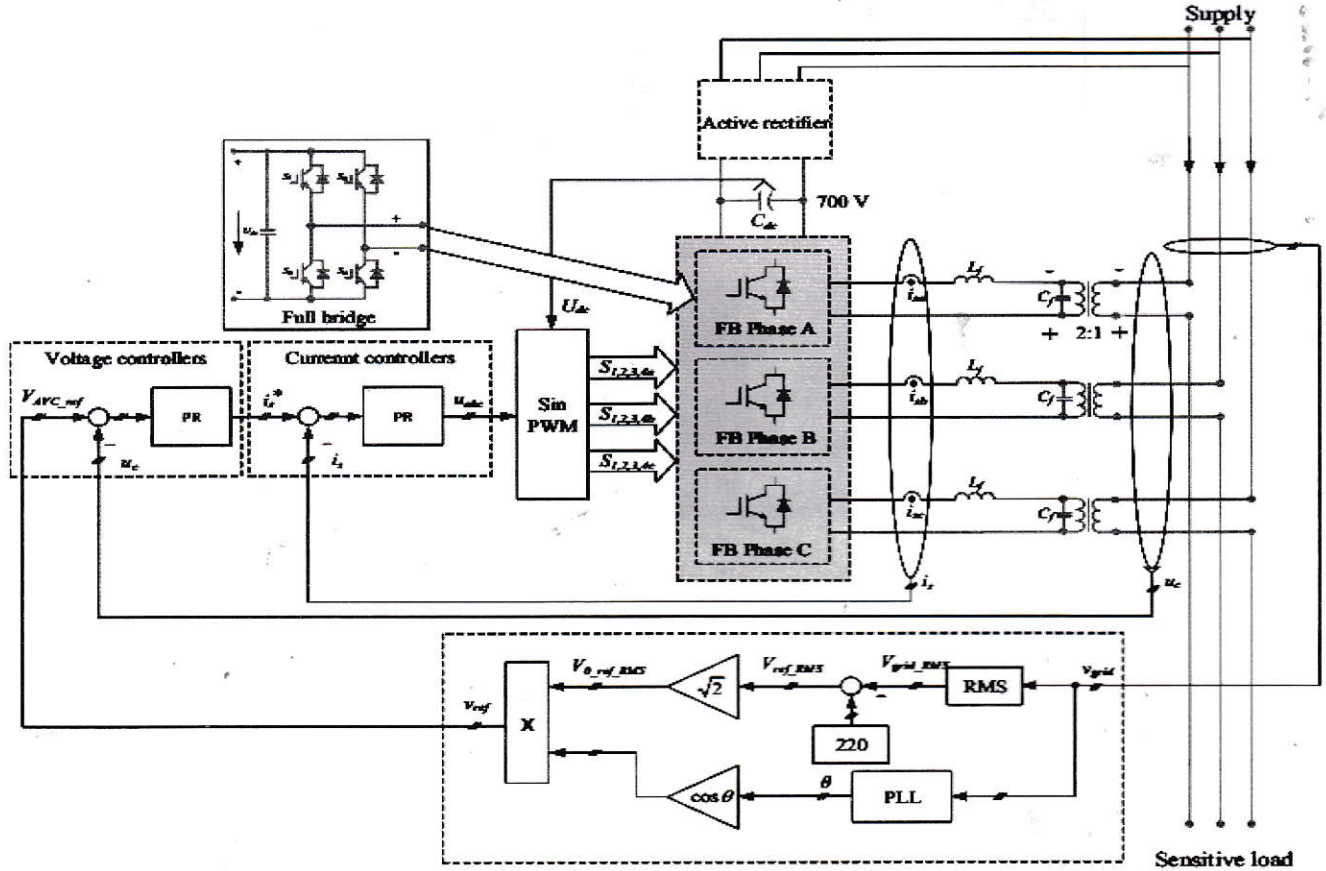
H.6. Cấu trúc mạch điều chỉnh điện áp



H.7. Cấu trúc mạch điều khiển dòng điện

Bộ biến đổi phía tải (Series Converter) có nhiệm vụ tạo ra điện áp thích hợp để chèn vào lưới điện thông qua MBA nối tiếp.

Cấu trúc điều khiển bộ biến đổi phía tải cho trên hình H.8 [7], [8].



H.8. Cấu trúc bộ điều khiển phía tải

Bộ điều khiển phía tải sử dụng phương pháp điều khiển vô hướng trên hệ trục tọa độ abc. Trong cấu trúc này ba pha được điều khiển độc lập với nhau. Sử dụng hai mạch vòng điều chỉnh cho mỗi pha, mạch vòng ngoài là mạch vòng điều chỉnh điện áp, mạch vòng trong là mạch vòng điều chỉnh dòng điện. Để giải quyết dao động điện áp đối với từng pha sử dụng bộ biến đổi ba cầu H chung bus DC [7]. Mô hình toán mạch cầu H có dạng:

$$\begin{cases} L \dot{i}_s + r_L i_s = v_s - v_L \\ C v_0 = i_s - i_L \end{cases} \quad (7)$$

Trong các mạch vòng sử dụng bộ điều chỉnh PR có hàm truyền [7]:

$$G_{PR}(s) = k_p + \frac{k_r s}{s^2 + (h\omega_1)^2} \quad (8)$$

Bộ điều chỉnh mạch vòng dòng điện được thiết kế ở miền tần số trên cơ sở lựa chọn băng thông (bandwidth) bằng khoảng 10 lần tần số cơ bản và

1/10 tần số phát xung PWM. Việc xây dựng cấu trúc điều khiển mạch vòng dòng điện và điện áp tương tự như bộ điều khiển phía tải với thông số của bộ điều khiển dòng điện và điện áp như sau [7]:

$$\begin{cases} k_{pv} = C_f w_{iv} \\ k_{rv} = \frac{(w_{fv}^2 - w_1^2)}{w_{fv}} \left[\sqrt{2(C_f w_{fv})^2 - 2k_{pv}^2} + C_f w_{fv} \right] \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} k_{pi} = L_f w_{ii} \\ k_{ri} = \frac{(w_{fi}^2 - w_0^2)}{w_{fi}} \left[\sqrt{k_{pc}^2 + 2(L_f w_{fi})^2 - 2k_{pi}^2} + L_f w_{fi} \right] \end{cases} \quad (10)$$

3. Nghiên cứu trên mô hình mô phỏng

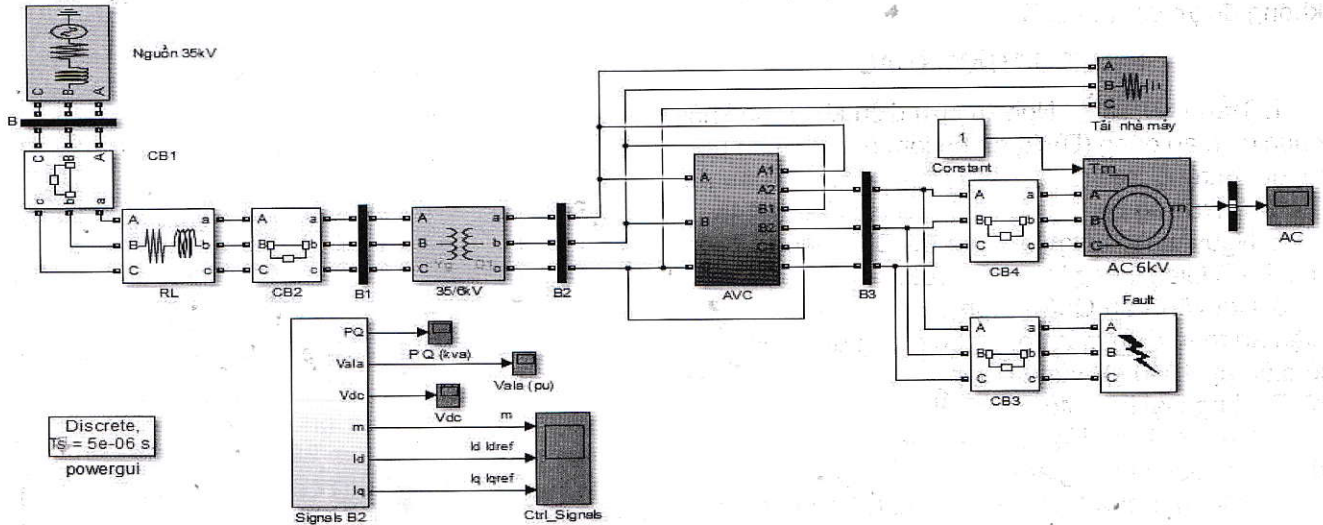
Dựa trên mô hình cấu trúc của AVC, tiến hành xây dựng mô hình mô phỏng giảm dao động điện áp của bộ AVC với mạng điện. Kịch bản phân tích đưa ra với 2 trường hợp, khi trong mạng có động cơ công suất lớn 6 kV (bơm nước) khởi động gây ra hiện tượng lổm áp trên cả ba pha và trường hợp

thứ 2 khi trong mạng xuất hiện sự cố làm điện áp của 2 pha bị dao động tăng lên (lỗi áp), sơ đồ mô phỏng như hình H.9, kết quả mô phỏng cho trên hình H.10 và H.11.

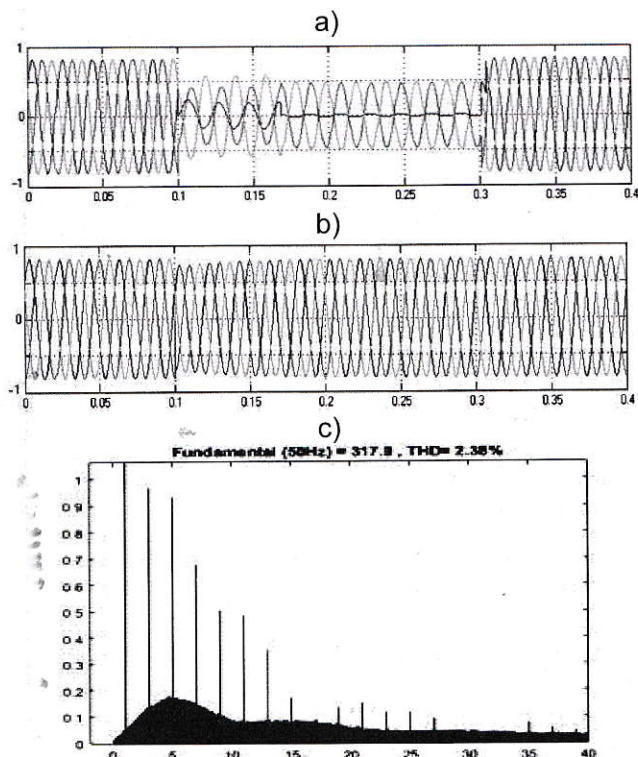
Kết quả thu được nhận thấy rằng khi xảy ra hiện lờm áp 30 % trên cả ba pha từ thời gian 0,1÷0,3 s (xem H.10.a) sau khi qua bộ điều áp tích cực cho kết quả điện áp trên tải ở trong khoảng điện áp cho phép $\Delta U \leq 5\%$ (xem hình H.10.b), và chỉ số sóng hài THD=2,38 (xem H.10.c) thỏa mãn chỉ tiêu về

chất lượng điện áp.

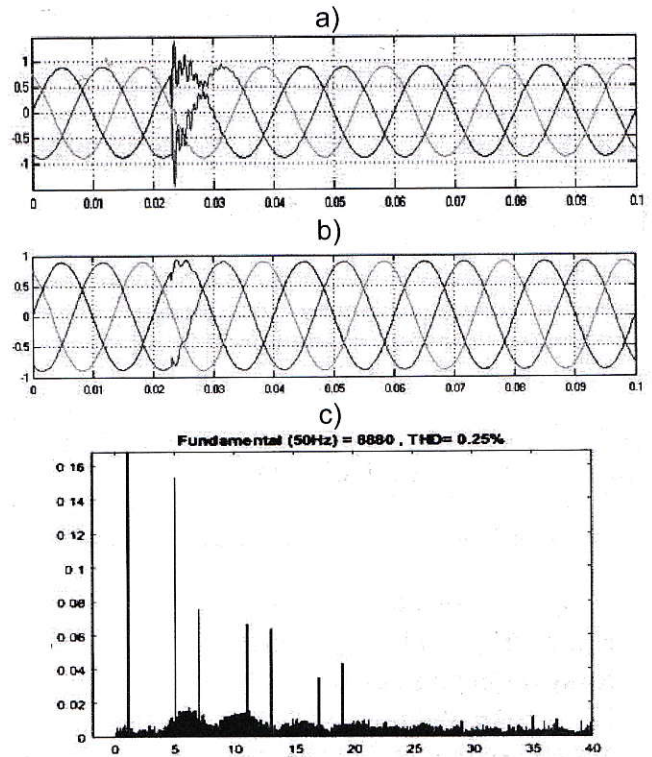
Trong trường hợp xảy ra dao động điện áp trên 2 pha với biên độ dao động đến 150 % điện áp định mức (xem hình H.11.a), sau khi qua bộ điều áp tích cực cho điện áp trên tải bị dao động rất nhỏ (xem hình H.11.b) và chỉ số sóng hài THD=0,25 (xem hình H.11.c). Kết quả điện áp trên tải đảm bảo chất lượng và bộ điều áp tích cực không chỉ hoạt động trên cả ba pha mà có thể hoạt động độc lập trên mỗi pha.



H.9. Sơ đồ mô phỏng đánh giá giảm dao động điện áp của bộ AVC



H.10. Kết quả đánh giá khi điện áp 3 pha bị dao động



H.11. Kết quả đánh giá khi tải 2 pha dao động

4. Kết luận

Bộ điều áp tích cực AVC đáp ứng tốt với hiện tượng dao động điện áp do các nguyên nhân như suy giảm điện áp, mất cân bằng điện áp, góc nhảy pha, quá độ điện áp. Kết quả phân tích trên sơ đồ cho thấy khả năng đáp ứng của AVC là tác động nhanh và độ chính xác cao, đáp ứng không chỉ trên cả ba pha mà còn đáp ứng tốt độc lập trên mỗi pha. Giải pháp này có thể áp dụng cho các phụ tải nhạy cảm, hoặc một nhóm phụ tải ở các xí nghiệp mỏ, đặc biệt đối với những nơi chất lượng điện áp không được đảm bảo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Duy Trinh. Nghiên cứu điều khiển bộ khôi phục điện áp động (DVR) để bù lồi điện áp cho phụ tải quan trọng trong xí nghiệp công nghiệp. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. 2014.
2. Nguyễn Anh Nghĩa, Trần Bá Đề. Điện khí hóa mỏ. NXB Giao thông Vận tải. 2008.
3. Nguyễn Văn Quân. Nghiên cứu đảm bảo điều kiện an toàn điện giật trong các mạng điện mỏ hầm lò điện áp 1140 kV vùng Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. 2015.
4. Hồ Việt Bun. Nghiên cứu quá trình quá độ và đề xuất giải pháp giảm quá điện áp khi xảy ra chạm đất một pha trong mạng trung tính cách ly 6 kV ở các mỏ vùng Cẩm Phả-Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. 2016.
5. Lê Xuân Thành. Nghiên cứu nâng cao chất lượng điện năng mạng 6 kV mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. 2015.
6. Đỗ Như Ý. Nghiên cứu sử dụng thiết bị STATCOM nâng cao chất lượng điện năng của mạng điện mỏ. Tạp chí KHCN Mỏ, số 3, 2015.
7. Vu Hoang Phuong, Tran Trong Minh, Vu Thi Ngoc Van, Nguyen Huy Phuong and Nguyen Quang Dich. A Linear Control for Active Voltage Conditioner. The 5th International Conference on sustainable energy. 2017.
8. Teodorescu R., Liserre M. and Rodrguez P. Grid converters for photovoltaic and wind power systems. John Wiley, Ltd, 2011.
9. IEEE Std 1159-2009 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.

Ngày nhận bài: 09/03/2019

Ngày gửi phản biện: 12/05/2019

Ngày nhận phản biện: 24/09/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/10/2019

Từ khóa: dao động điện áp; lồi điện áp; lỗi điện áp; bộ khôi phục điện áp động

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

SUMMARY

Voltage fluctuations are frequent phenomena during the operation of the mine electricity network, which causes undesirable consequences such as: Temporary suspension of operation for some electrical equipment, insulation damage,... This problem can be solved by Active voltage conditioner (AVC) application, based on the power electronic converter with outstanding ability, such as: fast response and precise excellently compensation. The paper presents the method of design the AVC to the mine network and the Simulation results proved the effectiveness of solution.

THƠ THAM MỎ

1. Gia đình là thiên đường tới sớm với ta. G.B. Shaw.
2. Sắc đẹp là hoa, còn đạo đức là quả của cuộc đời. Ngạn ngữ Mỹ.
3. Hãy đặt mục tiêu và luôn cố gắng đến khi bạn đạt được nó. Napoleon Hill.
4. Tuổi trẻ không có lý tưởng giống như buổi sáng không có mặt trời. V.G. Belinsky.
5. Tình bạn không thể mua được mà phải đổi lấy bằng thái độ chân thành. Ngạn ngữ Anh.
6. Thường thì rất khó nói sự thật cho người khác nghe, càng khó khăn hơn nữa là tự thú với chính mình. Ngạn ngữ Pháp.
7. Hãy chấp nhận những thử thách để bạn cảm thấy niềm hồ hởi của sự chiến thắng. George Patton.
8. Hạnh phúc như một bông hoa đang tỏa hương và thu hút tất cả điều tốt về phía nó. M.M. Yogi.
9. Nếu Chúa đột nhiên bị buộc phải sống cuộc sống mà Ngài đã trao cho con người, Ngài hẳn sẽ tự tử. Alexandre Dumas.

VTH sưu tầm