

XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG CHỐNG CỘNG HƯỞNG ĐIỆN ÁP DO SÓNG HÀI CỦA TẢI PHI TUYẾN TRONG MẠNG ĐIỆN 6 KV MỎ HẦM LÒ

NGUYỄN XUÂN NHÌ
 Trường Đại học Mở-Địa chất
 Email: nguyenuxuanhni@humg.edu.vn

1. Mở đầu

Để nâng cao hiệu quả sản xuất, hiện nay các thiết bị điện tử công suất như khởi động mềm, biến tần, các thiết bị biến đổi, điều khiển (tải phi tuyến) được sử dụng rộng rãi trong mạng điện của các mỏ hầm lò đặc biệt mạng điện 6 kV.

Việc sử dụng các thiết bị này đem lại hiệu quả lớn về kỹ thuật nhưng cũng gây ra những tác động tiêu cực đến mạng điện, đặc biệt là sóng hài dòng điện.

Kết quả đo thực nghiệm ở H.1 cho thấy, tải phi tuyến trong lưới 6 kV của Công ty than Nam Mẫu gây méo đáng kể dạng sóng dòng điện, THD đều trên 111 % điều này vi phạm nghiêm trọng tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng điện năng [5].

2. Cộng hưởng điện áp do sóng hài của tải phi tuyến

2.1. Phương trình toán học khi có cộng hưởng do nguồn hài

Điện kháng của mạng điện phụ thuộc vào tần số. Trong mạch điện, tần số cộng hưởng cơ bản được xác định theo biểu thức sau [1]:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

Trong đó: L - Điện cảm của mạch điện, H; C - Điện dung của mạch điện, F.

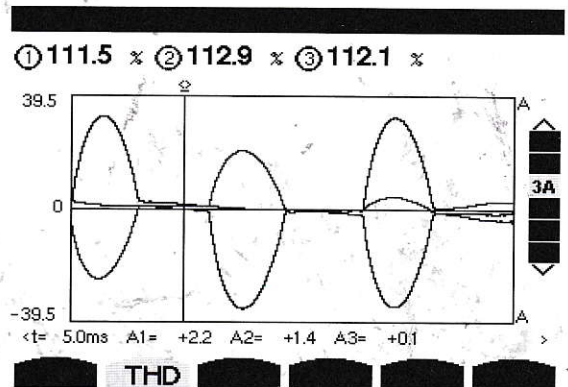
Sự nguy hiểm nhất của sóng hài đó chính là gây ra sự cộng hưởng điện áp và cộng hưởng dòng điện. Điều này làm cho biên độ điện áp, dòng điện tăng gấp nhiều lần giá trị danh định của các thiết bị điện và gây nguy hiểm cho các thiết bị.

Giá trị hiệu dụng khi có cộng hưởng của điện áp và dòng điện do sóng hài có thể thấy rõ qua phương trình toán học (2) và (3):

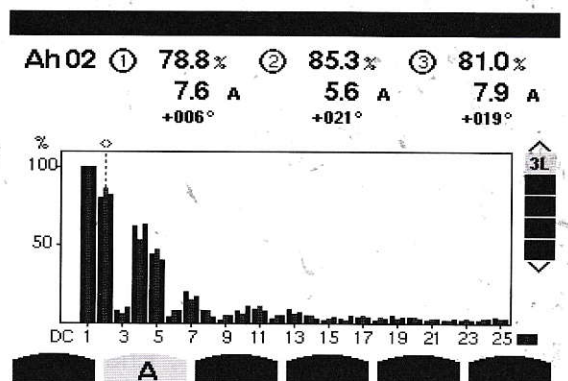
$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{(t)}^2 dt} = U_{(1)} \sqrt{1 + THD_U^2} \quad (2)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_{(t)}^2 dt} = I_{(1)} \sqrt{1 + THD_I^2} \quad (3)$$

a)

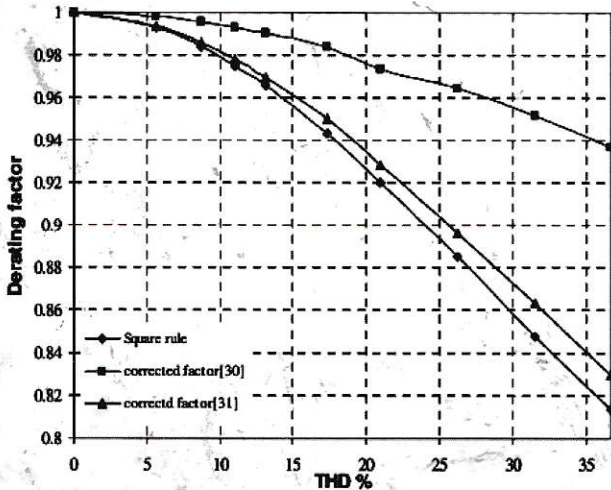


b)

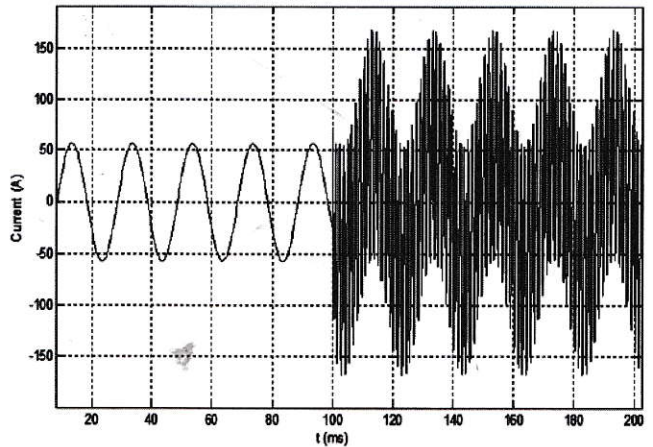


H.1. Dạng sóng và phổ hài dòng điện được đo sau khởi động mềm trong mạng điện 6 kV Công ty than Nam Mẫu [6]: a - Dạng sóng dòng điện; b - Phổ hài dòng điện

Trong đó: $U_{(1)}$ - Giá trị hiệu dụng của điện áp ứng với tần số cơ bản, V; $I_{(1)}$ - Giá trị hiệu dụng của dòng điện ứng với tần số cơ bản, A; THD_U , THD_I - Hệ số méo dạng sóng của điện áp và dòng điện đo sóng hài.



H.2. Hệ số suy giảm tuổi thọ của MBA tương ứng với độ méo của sóng hài

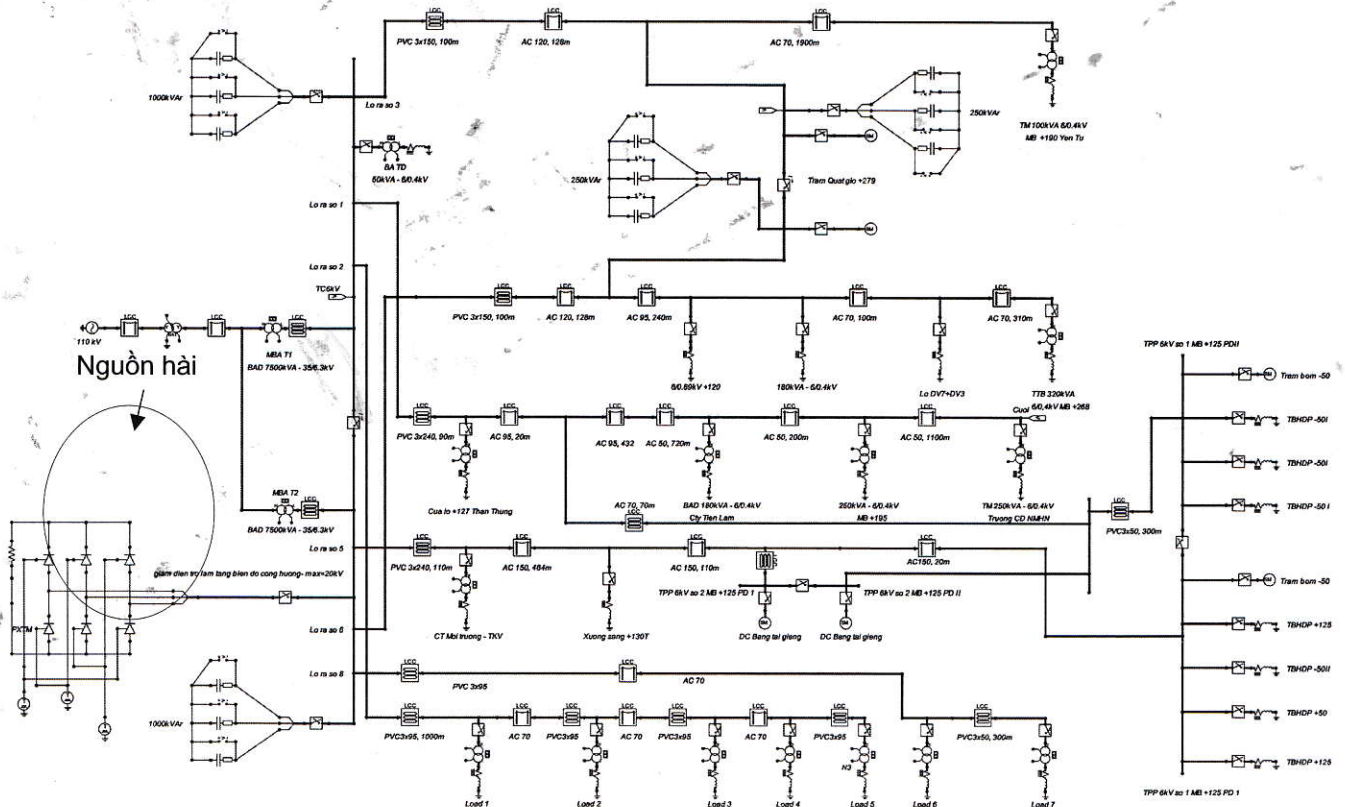


H.3. Dòng điện chạy qua bộ tụ khi có cộng hưởng sóng [3]

2.2. Ảnh hưởng của sóng hài do tải phi tuyến đến thiết bị điện

Một số những tác động tiêu cực chính của sóng hài đối với các thiết bị điện:

- Làm sai lệch hệ thống thiết bị đo đếm các đại lượng điện, từ đó có thể làm cho hệ thống bảo vệ rơle tác động nhầm lẫn;



H.4. Sơ đồ mô phỏng mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu bằng phần mềm ATP

- Làm giảm tuổi thọ của máy biến áp (MBA), các động cơ điện do hiệu ứng phát nóng phụ bề mặt (skin effect) và phát nóng điện môi;

- Tăng phát nóng, giảm hiệu suất hay gây dao động hạ tần số cơ học;
- Có thể phá hủy hoặc hạn chế khả năng vận

hành của các bộ tụ bù công suất phản kháng.

Trong các tác động trên, tác động của sóng hài đến MBA mang tính dài hạn, chủ yếu là làm giảm thời gian vận hành của MBA. Các kết quả thực nghiệm của [3] đã đưa ra hệ số suy giảm tuổi thọ của MBA (H.2).

Đối với các bộ tụ bù công suất phản kháng, ảnh hưởng của sóng hài mang tính chất tức thời, có thể phá hủy cách điện hay gây đứt dây cầu chì trong các bộ tụ.

Nguyên nhân chủ yếu tại đây là do xuất hiện hiện tượng cộng hưởng song song với các tụ bù ngang và cộng hưởng nối tiếp với các tụ bù dọc [4].

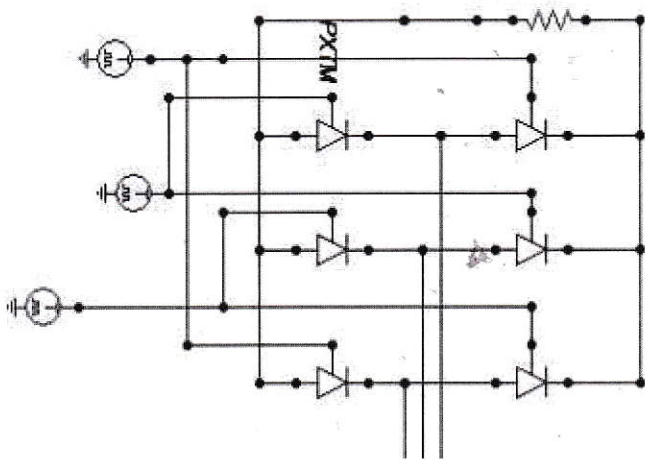
Có thể thấy, tác động của sóng hài đến các bộ tụ bù công suất phản kháng vô cùng nguy hiểm, do vậy cần có những biện pháp để khắc phục những ảnh hưởng này.

3. Đánh giá mức độ cộng hưởng điện áp và xây dựng đường cong chống cộng hưởng điện áp do sóng hài trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu

3.1. Đánh giá cộng hưởng điện áp do sóng hài của các tải phi tuyến

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của sóng hài do các tải phi tuyến trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu, tác giả đã sử dụng phần mềm mô phỏng điện từ ATP để mô phỏng cộng hưởng điện áp xảy ra trong mạng điện 6 kV của Công ty do sóng hài sinh ra từ các tải phi tuyến.

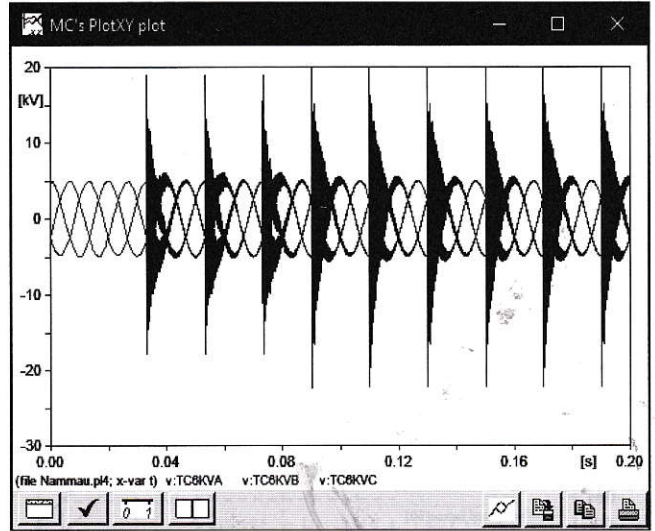
Sơ đồ mô phỏng thể hiện như trong hình H.4.



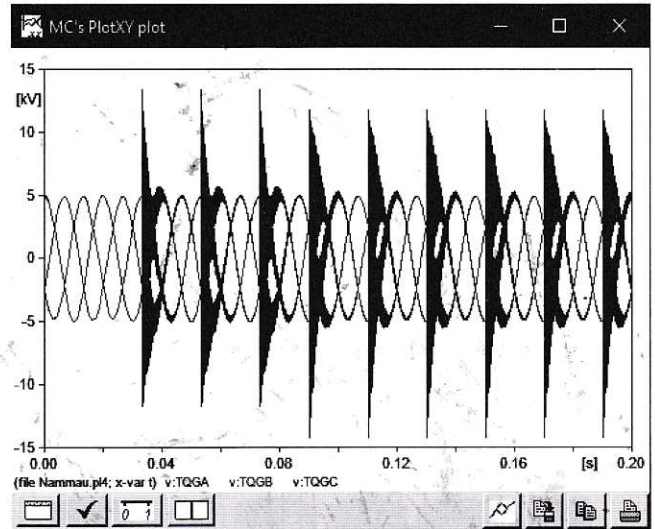
H.5. Sơ đồ nguyên lý nguồn hài bằng mạch chỉnh lưu 6 xung

Sau khi mô phỏng, thu được đồ thị dạng sóng điện áp tại một số vị trí trong mạng điện của Công ty, kết quả thể hiện ở H.6 và tổng hợp ở Bảng 1.

a)



b)



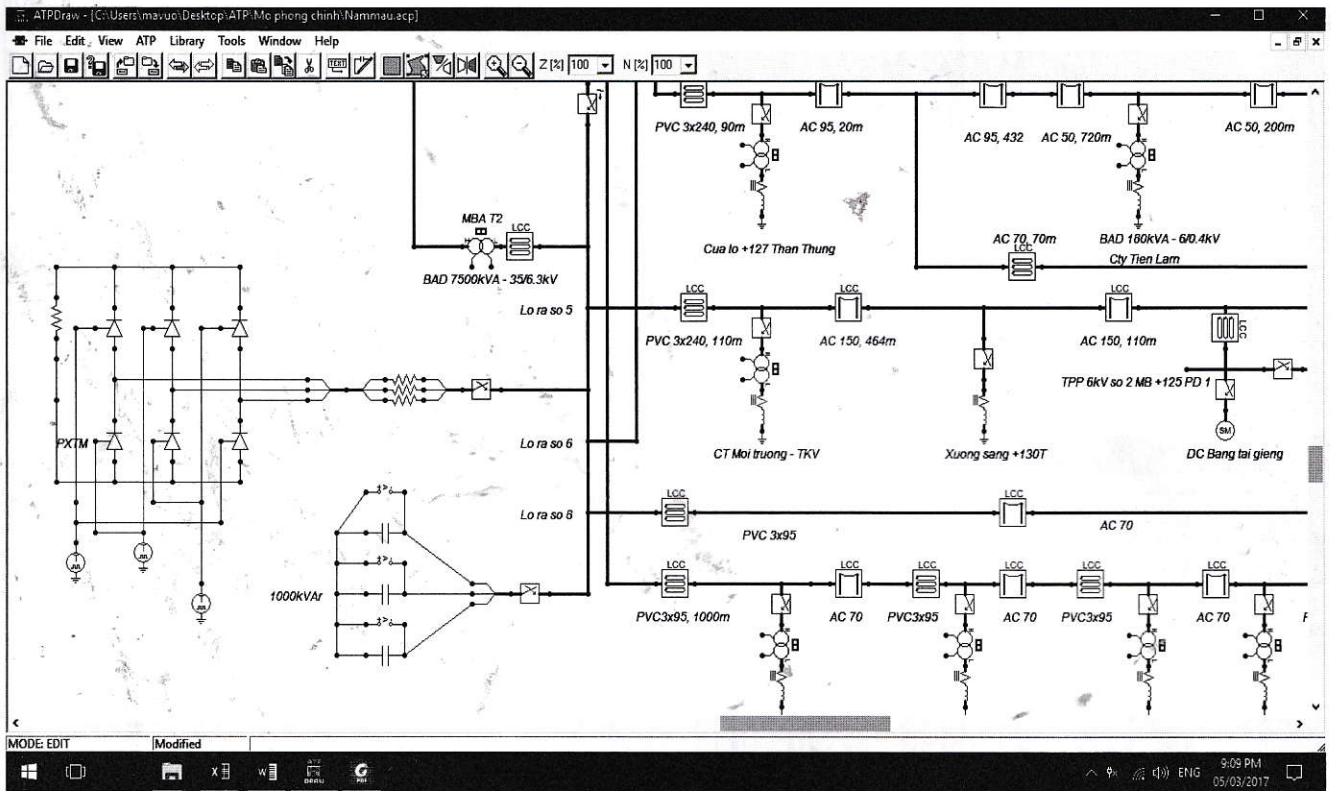
H.6. Cộng hưởng điện áp tại một số điểm trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu: a - Vị trí thanh tụ bù 6 kV trên thanh cái TBA trung gian 35/6 kV; b - Vị trí tụ bù 6 kV trên thanh cái trạm quạt gió chính mức +279

Bảng 1. Kết quả mô phỏng quá trình cộng hưởng điện áp trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu

Điểm đo	Loại tín hiệu	Số pha cộng hưởng	Độ lớn tín hiệu cộng hưởng
Thanh cái 6 kV TBA trung gian	Điện áp	3	$4,6U_{fdm}$
Thanh cái 6 kV trạm quạt gió chính	Điện áp	3	$2,7U_{fdm}$

Từ các kết quả mô phỏng thấy được, cộng hưởng điện áp xảy ra trên lưới 6 kV có biên độ cộng hưởng vượt quá quy định cho phép theo tiêu chuẩn [2]. Với biên độ cộng hưởng

lớn sẽ gây ra phá hủy tức thì bộ tụ bù gây nguy hiểm cho cả người vận hành và cả thiết bị, làm ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của mạng điện.



H.7. Sơ đồ mô phỏng mạng điện 6 kV Công ty than Nam Mẫu khi mắc điện trở R nối tiếp với nguồn hài

3.2. Xây dựng đường cong chống cộng hưởng điện áp do sóng hài trong mạng

Để khắc phục ảnh hưởng của sóng hài trong mạng điện có rất nhiều phương pháp, trong đó thông dụng nhất là sử dụng các bộ lọc sóng hài. Nhưng bên cạnh đó còn nhiều phương pháp đơn giản có chi phí thấp mang lại hiệu quả cao. Và giải pháp mắc điện trở nối tiếp với các nguồn hài để giảm biên độ cộng hưởng điện áp là một giải pháp tích cực. Sơ đồ mô phỏng như mô tả trong H.7.

Kết quả mô phỏng thể hiện quan hệ giữa biên độ điện áp cộng hưởng với giá trị điện trở R tại tất cả các nút của mạng điện 6 kV Công ty than Nam Mẫu ở H.8.a, b, c và được tổng hợp trong Bảng 2.

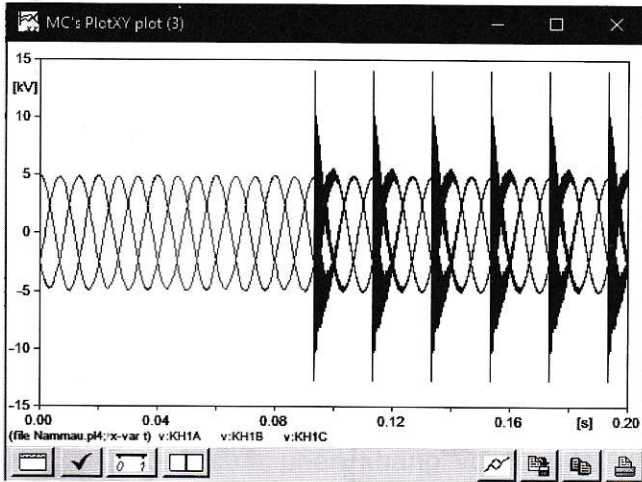
Từ kết quả mô phỏng thấy được biên độ điện áp cộng hưởng có giá trị giảm khi tăng điện trở R, đến khi R=14 Ω thì hoàn toàn không còn sự cộng hưởng điện áp trong mạng điện. Vậy chọn giá trị điện trở R=14 Ω mắc nối tiếp với các tải phi tuyến trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu để khắc phục cộng hưởng điện áp do

sóng hài.

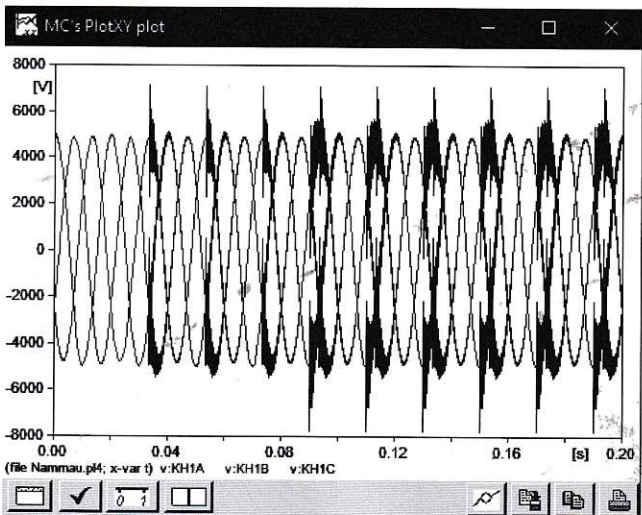
Bảng 2. Kết quả mô phỏng biên độ điện áp cộng hưởng lớn nhất trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu theo giá trị R nối tiếp với nguồn hài

R, Ω	U _{ch.max} , kV	R, Ω	U _{ch.max} , kV	R, Ω	U _{ch.max} , kV
0	20	6	6,76	12	5,3
0,5	14,1	6,5	6,62	12,5	5,1
1	13,5	7	6,52	13	5
1,5	11,6	7,5	6,4	13,5	4,82
2	9,35	8	6,38	14	4,8
2,5	8,7	8,5	6,3	14,5	4,8
3	8,5	9	6,2	15	4,8
3,5	8,4	9,5	6,1	15,5	4,8
4	8,3	10	6,05	16	4,8
4,5	8,0	10,5	5,95	16,5	4,8
5	7,79	11	5,81		

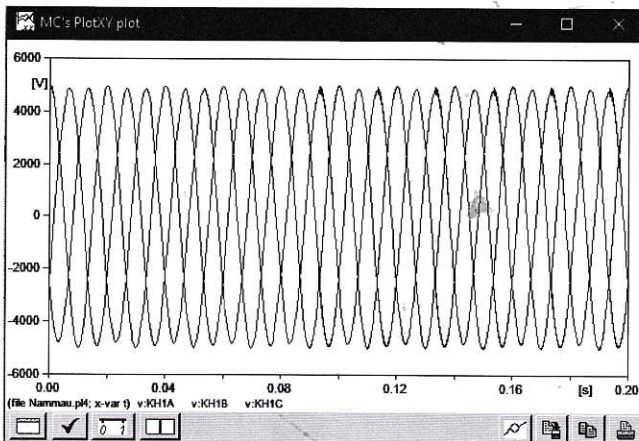
a)



b)



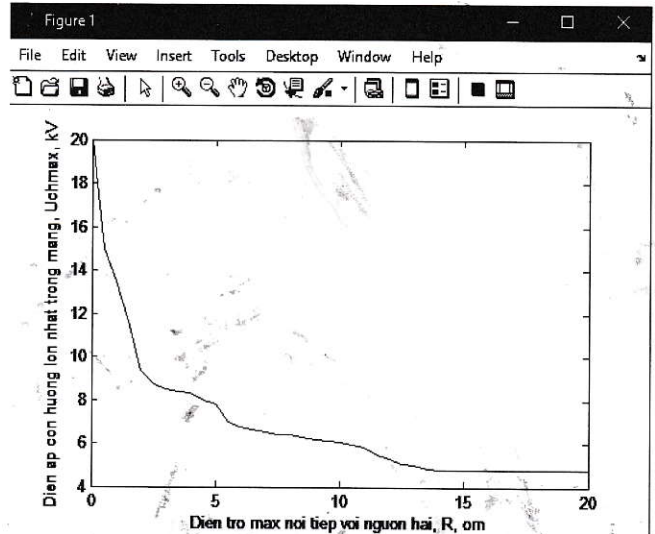
c)



H.8. Biên độ cộng hưởng điện áp lớn nhất trong mạng tương ứng với các giá trị điện trở khác nhau: a - Khi R=0,5 Ω; b - Khi R=5 Ω; c - Khi R=15 Ω

Từ kết quả mô phỏng trên, xây dựng được đường cong chống cộng hưởng điện áp do sóng hài trong với mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu biểu diễn mối quan hệ giữa biên độ điện áp cộng hưởng của các pha với điện trở R mắc nối tiếp với các tải phi tuyến (H.9).

Từ đường cong trên, theo phương pháp bình phương bé nhất đưa ra được hàm số gần đúng biểu thị mối quan hệ giữa giá trị điện trở (R) và biên độ điện áp cộng hưởng ($U_{ch,max}$) của các pha trong mạng điện (H.10).



H.9. Đường cong chống ảnh hưởng của sóng hài trong mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu

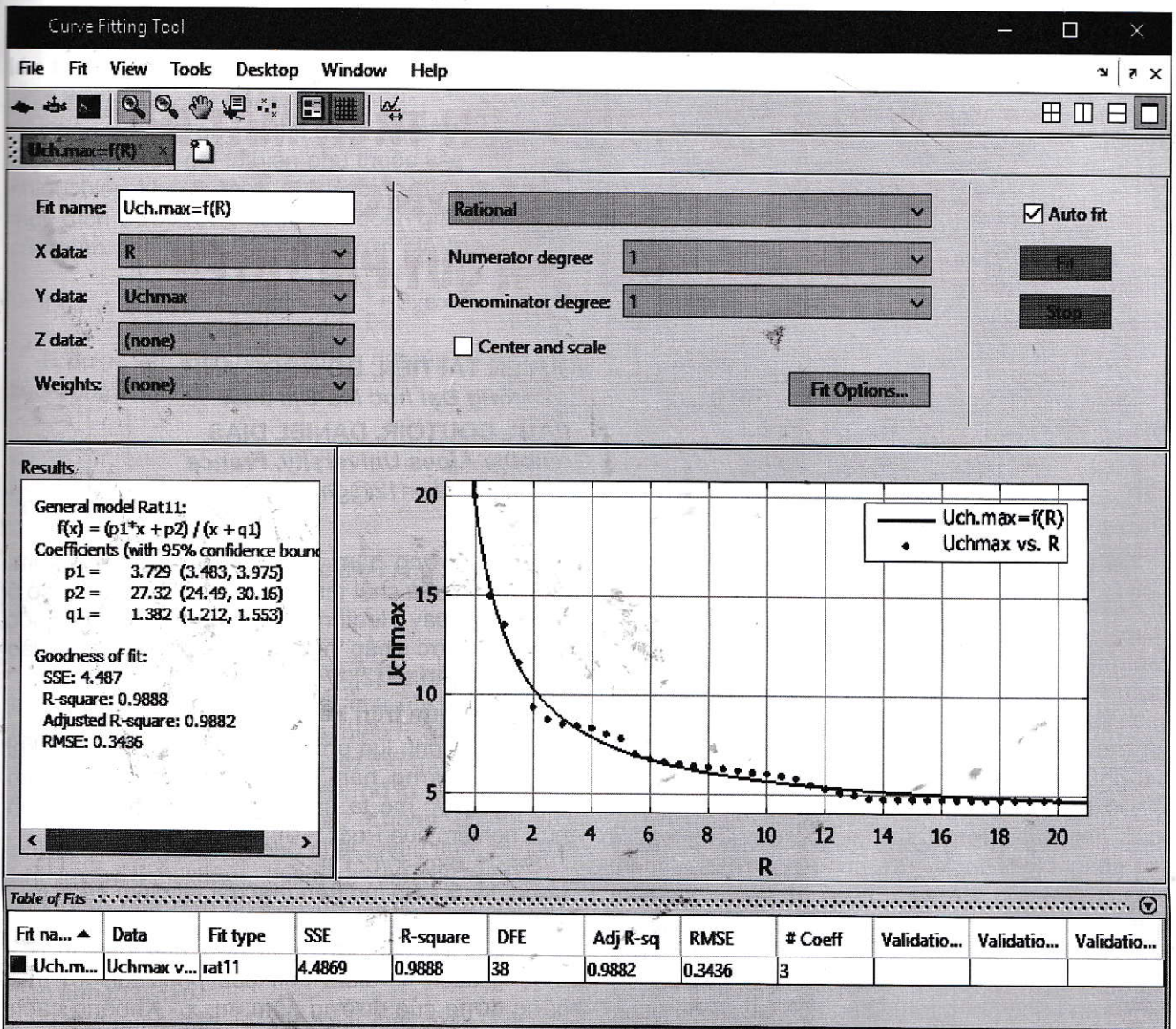
Hàm số biểu thị mối quan hệ giữa R và $U_{ch,max}$ có dạng:

$$U_{ch,max} = \frac{3,792.R + 27,32}{R + 1,382} \quad (4)$$

Hàm số $U_{ch,max}=f(R)$ được đưa ra có hệ số tương quan $r=0,9888 > 0,8$, điều này chứng minh được hàm số đưa ra biểu thị mối quan hệ giữa $U_{ch,max}$ và R là tương đối chính xác.

4. Kết luận và kiến nghị

Các kết quả nghiên cứu đã đưa ra được đường cong chống ảnh hưởng của cộng hưởng điện áp do sóng hài của tải phi tuyến đối với mạng điện 6 kV của Công ty than Nam Mẫu. Cũng từ đó đưa ra được hàm số biểu thị mối quan hệ giữa biên độ điện áp cộng hưởng lớn nhất trong mạng điện với điện trở R mắc nối tiếp với các tải phi tuyến. Điều này có ý nghĩa lớn trong vận hành thực tế mạng điện của Công ty than Nam Mẫu. Phương pháp trên cũng có thể áp dụng được cho mạng điện 6 kV của các mỏ than hầm lò khác trong việc hạn chế sóng hài. □



H.10. Kết quả tìm hàm số xấp xỉ biểu diễn mối quan hệ giữa biên độ điện áp cộng hưởng lớn nhất của mạng điện ($U_{ch,max}$) với giá trị điện trở (R)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Attachie, J.C., and Amuzuvi, C.K., 2010. Investigating harmonic resonance and capacitor bank switching at a power distribution substation using a fixed capacitor bank. Research Journal in Engineering and Applied Sciences, Vol 2: 1900-1909.
2. IEEE-STD-1036-1992. IEEE Guide for Application of Shunt Power Capacitors.
3. Elmoudi, A., 2006. Evaluation power system harmonic effect Transformers loss of life. Doctoral Dissertation, Helsinki University of Tech. Finland.
4. Lê Xuân Thành, 2014. Nghiên cứu một số giải pháp nâng cao chất lượng điện năng trong lưới 6 KV các mỏ lộ thiên Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật,

Đại học Mở-Địa chất. Hà Nội. Việt Nam.

5. IEEE STD 519-1992. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.

6. Viện Khoa học Công nghệ mỏ-Vinacomin, 2016. Báo cáo kết quả kiểm toán năng lượng Công ty than Nam Mẫu-TKV.

Ngày nhận bài: 18/04/2017

Ngày gửi phản biện: 15/06/2017

Ngày nhận phản biện: 18/09/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/10/2017

Từ khóa: sóng hài; tải phi tuyến; cộng hưởng điện áp; cộng hưởng dòng điện

(Xem tiếp trang 78)

➤ Giải pháp cài đặt tổ hợp kháng điện dập hồ quang nối song song điện trở vào trung tính của máy biến áp đo lường đã giải quyết được các yêu cầu đặt ra là hạn chế được quá điện áp hồ quang đến mức độ an toàn, nâng cao độ bền cách điện của động cơ không đồng bộ và cáp điện, đảm bảo độ tin cậy làm việc của thiết bị điện, trên cơ sở đó nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cho lưới điện, tăng tính tin cậy, chọn lọc của bảo vệ rơle, giảm thời gian mất điện cung cấp điện cho phụ tải. Giải pháp này không can thiệp đến tính chất của điểm trung tính, do đó vẫn tuân theo Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Веселов А.Е., Невретдинов Ю.М., Ярошевич В.В., Кабеев И.Е., Фастий Г.П., Токарева Е.А. Разработка технических мероприятий по компенсации емкостных токов замыкания на землю и ограничению перенапряжений в промышленных распределительных электрических сетях // Вестник МГТУ, том 10, №4, С. 527-532

2. Хрущев Ю.В., Заповодников К.И., Юшков А.Ю. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.

3. Костарев И. А., Сапунков М. Л., Худяков А. А. Исследование и оценка возможности применения защиты от однофазных замыканий, основанной на контроле пульсирующей мощности, в компенсированных сетях горных предприятий // Горное оборудование и электромеханика. № 11. С. 8-14, 2012.

4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, 1999.

5. Сарин Л.И., Ильиных М.В., Ширковец А.И., Буянов Э.В., Шамко В.Н. Анализ результатов мониторинга процессов при однофазных замыканиях на землю в сети 6 кВ с дугогасящими реакторами и резисторами в нейтрали; Энергоэксперт. 2008. № 1.

6. Nguyễn Ngọc Vĩnh. Nghiên cứu hiện tượng chạm đất một pha xảy ra trong mạng điện 6 kV ở các mỏ Việt Nam, tìm phương pháp nâng cao hiệu quả hệ thống bảo vệ chạm đất một pha. Luận án Tiến sĩ Khoa học kỹ thuật. Hà Nội, 1996.

7 Bộ Công Thương (2011), Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong khai thác than hầm lò, QCVN 01:2011/BCT.

Ngày nhận bài: 08/06/2017

Ngày gửi phản biện: 16/07/2017

Ngày nhận phản biện: 15/09/2017

Ngày chấp nhận đăng bài: 15/10/2017

Từ khóa: chạm đất một pha; quá điện áp; độ nhạy, độ tin cậy bảo vệ rơle; lưới điện; trung tính cách ly.

SUMMARY

The article focuses on the transitional process and proposes a suitable solution to reduce the overvoltage to the safe values of the electrical appliance's insulation, improves the sensitivity and reliability of the protection relay system, thereby reducing the probability of causing fire and mine atmosphere explosion due to single-phase leakage currents in 6 kV voltage insulated neutral power network at Vietnam mining enterprises.

XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG...

(Tiếp theo trang 67)

SUMMARY

Using electronic converters (non-linear loads) in an electrical system brings many benefits. However, the use of them causes harmonics in electrical networks and distorts the voltage and current waveforms, greatly affecting to the normal working and safety conditions as well as the longevity of electrical appliances. Therefore, there is a need to take measures to overcome the harms of harmonics to electrical devices caused by nonlinear loads. The article analyzes and evaluates the effect of harmonics on devices by nonlinear loads in the 6 kV network of Nam Mẫu Coal Company and suggested the suitable solution to eliminate the negative effects of harmonics on the devices in the network.