

MÔ PHỎNG BỘ KHỞI ĐỘNG MỀM VÀ PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA CHÚNG TỚI CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG CỦA LƯỚI 6 KV MỎ LỘ THIÊN

TS. LÊ XUÂN THÀNH
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Để nâng cao hiệu quả của sản xuất, khá nhiều các bộ khởi động mềm (KĐM) trung thế đã được sử dụng rộng rãi trong lưới điện 6 kV ở các mỏ lộ thiên. Hầu hết các công ty khai thác than của Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam (TKV) đều đã sử dụng các bộ KĐM hạ thế và trung thế. Thống kê số lượng các bộ KĐM hiện đang dùng ở các mỏ được cho trong Bảng 1.

Bảng 1. Thống kê các bộ KĐM trung và hạ thế ở một số mỏ lộ thiên điển hình

STT	Tên mỏ	KĐM hạ thế	KĐM trung thế 6 kV
1	Cao Sơn	16	02 KĐM cho hệ thống nén khí máy khoan xoay cầu; 02 KĐM cho hệ thống bơm thoát nước moong; (công suất 1230 kW)
2	Cọc Sáu	12	01 KĐM công suất 1210 kW cho hệ thống bơm thoát nước moong.
3	Núi Béo	08	03 KĐM cho hệ thống bơm vỉa Đông Đông Bắc, Tây Đông Bắc và vỉa 14; 01 KĐM có P=160 kW cho hệ thống bơm công nghiệp khu vực cổng 1 thuộc Công trường chế biến than; 01 KĐM cho hệ thống máy nén khí máy khoan xoay cầu CBIII-250 số 1

Việc sử dụng các bộ KĐM này trong công tác khai thác đem lại những hiệu quả kỹ thuật đáng kể. Tuy nhiên, ảnh hưởng của các bộ KĐM tới chất lượng điện năng, đặc biệt tới sóng hài trên lưới 6 kV chưa được xem xét đúng mực. Dưới đây sẽ là những phân tích, đánh giá mặt tích cực cũng như những ảnh hưởng của các bộ KĐM trên lưới 6 kV.

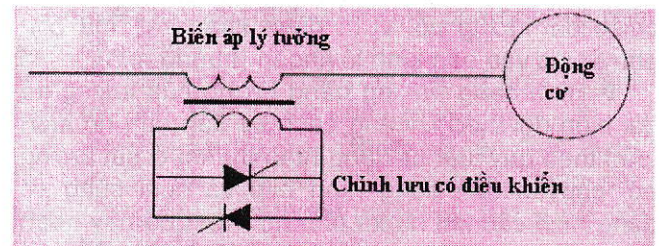
1. Mô hình toán học của bộ KĐM

Có nhiều phương pháp để mô hình hóa các bộ KĐM. Trong những năm gần đây, các bộ KĐM thường được mô hình hóa thông qua một bộ chỉnh lưu có điều khiển, nguồn cấp cho bộ chỉnh lưu có điều khiển là một máy biến áp (MBA) lý tưởng, sơ đồ nguyên lý cho trên H.1. Trên hình này, cuộn cao áp của MBA được mắc nối tiếp với mạch chính của động cơ, phía hạ áp được nối với hệ thống các chỉnh lưu công suất có điều khiển (back-to back SCR-Silicon controlled rectifier).

Về mặt nguyên lý, MBA sẽ làm việc ở trạng thái không tải trước khi cuộn hạ áp có SCR dẫn điện. Điện trở kích thích của MBA sẽ rất lớn, do vậy điện áp giáng của hệ thống chủ yếu rơi trên

cuộn dây của MBA và động cơ sẽ không thể khởi động. Trong quá trình khởi động, điện áp của cuộn hạ áp được điều khiển bởi bộ SCR sẽ thay đổi liên tục.

Sự thay đổi này dẫn tới điện áp của cuộn cao áp MBA và điện áp đặt vào cực của động cơ cũng thay đổi theo. Quá trình khởi động như thế được gọi là khởi động mềm [1], [2], [3].



H.1. Sơ đồ nguyên lý của bộ khởi động mềm cấp điện cho động cơ

Với giả thiết các động cơ là các tải có tính cảm, mạch điều khiển điện áp gồm n pha của tải trong đó điện áp mỗi pha cần thỏa mãn phương trình sau [6]:

$$\begin{aligned} u_{00'} + u_{L1} + u_{th1} &= u_{s1} \\ u_{00'} + u_{L2} + u_{th2} &= u_{s2} \\ &\vdots \\ u_{00'} + u_{Ln} + u_{thn} &= u_{sn} \end{aligned} \quad (1)$$

Từ các phương trình cho ở hệ (1) có thể thấy: nếu pha thứ nhất "off" và các pha 2, 3, ..., n là "on" mạch điện tương đương sẽ có dạng như mô tả trên H.2, các phương trình dòng điện sẽ được biểu diễn bởi hệ phương trình [1], [4]:

$$\begin{cases} i_1 = 0 \\ i_2 = \frac{u_{s2} - u_{00'}}{Z} \\ \vdots \\ i_n = \frac{u_{sn} - u_{00'}}{Z} \end{cases} \quad (2)$$

Và: $u_{Ln} = -i_n Z$; $u_{th1} = u_{s1}$; $u_{L1} = 0$; $u_{th1} = u_{th2} = \dots = u_{thn} = 0$.

Khi đó từ (1) và (2) suy ra:

$$\begin{aligned} nu_{00'} - (i_2 + i_3 + \dots + i_n)Z + u_{th1} &= \\ &= u_{s1} + u_{s2} + \dots + u_{sn} \end{aligned} \quad (3)$$

Do nguồn là đối xứng nên:

$$(u_{s1} + u_{s2} + u_{s3} + \dots + u_{sn}) = 0, (i_2 + i_3 + \dots + i_n) = 0.$$

Khi đó biểu thức (3) có thể thu gọn thành

$$u_{th1} = -nu_{00'} \quad (3)$$

Suy ra với nhánh 1 trên hình H.2:

$$u_{00'} + u_{th1} = V \cos \omega t \quad (4)$$

Từ phương trình (3) và (4) suy ra:

$$u_{th1} = V \cdot \cos \omega t \cdot n / (n-1); \quad (-\gamma/2) \leq \omega t \leq (\gamma/2). \quad (5)$$

Điện áp u_{th1} là hàm tuần hoàn có thành phần cơ bản là:

$$\begin{aligned} u_{th1} &= \left(\frac{4}{\pi} \int_0^{\gamma/2} \frac{n}{n-1} V \cos^2 \omega t d\omega t \right) \cdot \cos \omega t = \\ &= \frac{4n}{\pi(n-1)} V \cos \omega t \int_0^{\gamma/2} \frac{1 + \cos 2\omega t}{2} = \\ &= \frac{4n}{\pi(n-1)} \left[\frac{\gamma}{2} + \frac{\sin 2\omega t}{4} \right] \Big|_0^{\gamma/2} = \\ &= \frac{nV}{(n-1)\pi} (\gamma + \sin \gamma) \cos \omega t. \end{aligned} \quad (6)$$

Từ (6) tính được thành phần cơ bản của điện áp tải và dòng điện tải pha đầu tiên là:

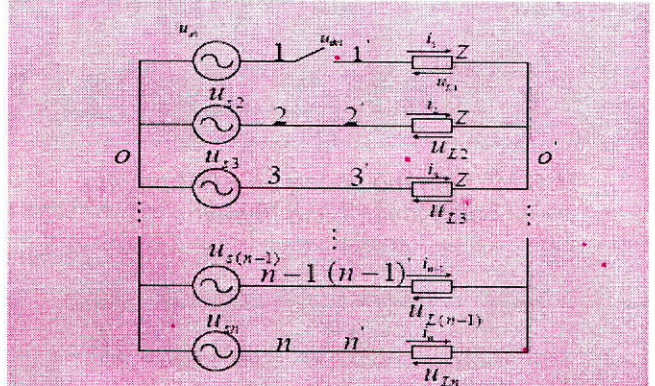
$$u_{1L1} = V \cos \omega t - V_{1th1} = V \left[1 - \frac{n}{(n-1)\pi} (\gamma + \sin \gamma) \right] \quad (7)$$

$$i_{11} = I \sin \omega t = \frac{V}{\omega L} \left[1 - \frac{n}{(n-1)\pi} (\gamma + \sin \gamma) \right] \cdot \sin \omega t \quad (8)$$

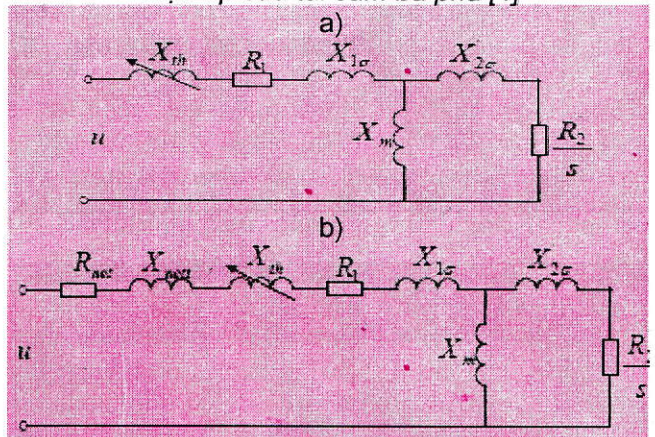
Trên H.3 mô tả mô hình mạch điện tương đương đối với quá trình điều khiển phản hồi theo pha. Cũng từ H.3, ta có thể viết:

$$X_{th} = (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma} / X_m) \times f(\gamma) = (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma}) \times f(\gamma).$$

Trong đó: $X_{1\sigma}$ - Điện kháng tản; R_1 - Điện trở một pha dây quấn stator; R'_2 - Điện trở một pha rotor quy đổi về phía stator; $X'_{2\sigma}$ - Điện kháng rò của rotor quy đổi về phía stator; R_{net} - Điện trở tương đương của hệ thống.



H.2. Sơ đồ mạch điện điều khiển phản hồi điện áp của tải cảm ba pha [4]

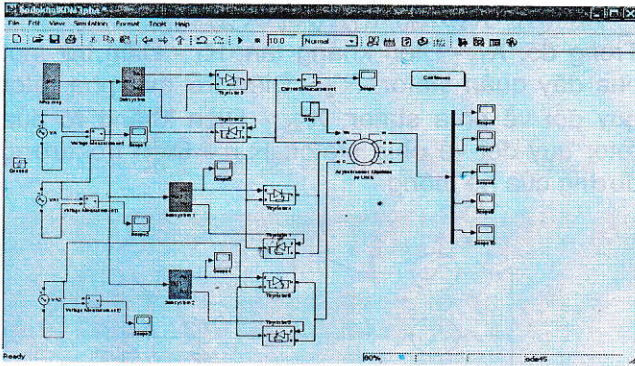


H.3. Mạch điện tương đương một pha của bộ KĐM (a) và của KĐM đấu vào lưới (b)-có thêm điện trở quy đổi của hệ thống

Giá trị này được gọi là điện kháng tương đương của bộ khởi động mềm.

2. Các kết quả mô phỏng

Tiến hành mô phỏng bộ KĐM gắn trực tiếp vào động cơ có sơ đồ mô phỏng cho trên H.4, điện kháng tương đương của hệ thống 0,39 Ω, các kết quả mô phỏng với các góc mở điều khiển thyristor được thể hiện trên H.5.a, H.5.b. So sánh dạng dòng điện sau mô phỏng với dạng dòng điện đã được trình bày trong [5], [6] có thể thấy rằng dòng điện khởi động của động cơ điện có dạng hoàn toàn trùng khớp. Quá trình khởi động diễn ra trong khoảng thời gian 7 s là phù hợp với thực tế và với các nghiên cứu của [7], [8]. Sau quá trình khởi động, dòng điện của động cơ ổn định ở I_{dm} .

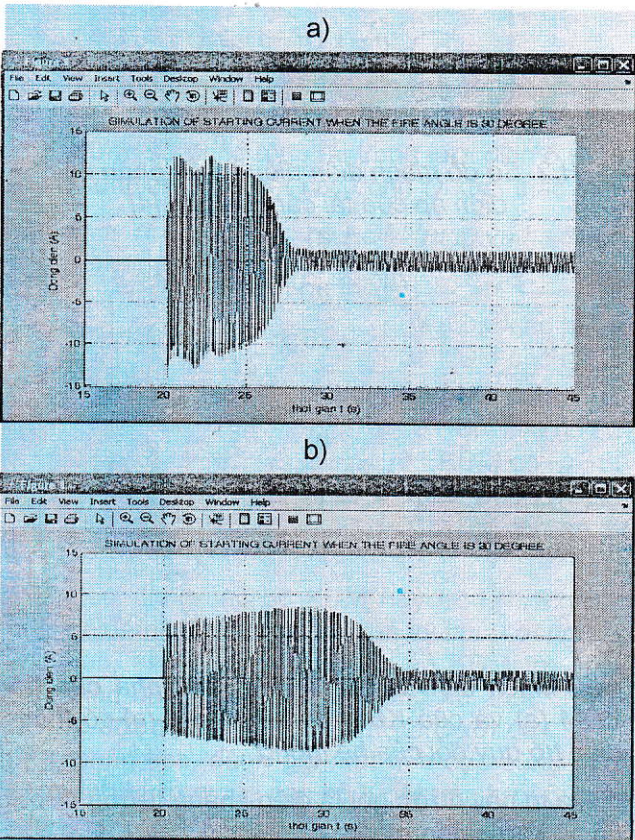


H.4. Mô hình mô phỏng bộ KĐM ba pha điều khiển bằng thyristor

❖ Lựa chọn góc mở điều khiển của các bộ KĐM là một trong những thông số quan trọng cần xem xét nhằm hạn chế ảnh hưởng của các bộ KĐM tới chất lượng điện năng của lưới. Trong điều kiện có thể nên lựa chọn góc mở điều khiển nhỏ nhằm giảm thời gian khởi động của động cơ bởi sau quá trình khởi động các bộ khởi động mềm sẽ được tách ra khỏi lưới nhờ khóa by-pass. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rafeek. M, Dr. Bose Mathew Jose, K.S. Nithin (2013), A novel soft starter for three phase induction motors with reduced starting current and minimize Torque Pulsations, IJEIT, vol2, Issue 8.
2. Tingjian Zhong, Li Zhu, Minghua Zhou (2009), Study on the simulation of soft starter applied for asynchronous motor with pump control function based on thyristor, CCSE, Vol.3, No5.
3. Zenginobuz G., Cadirci I., Ermis and Balark C. (2004), Performance Optimization of Induction motors during voltage controlled soft starting, IEEE Trans. On Energy Conversion, Vol. 19, No2.
4. Charles S. and Bhuvanmeswari G (2009), Power quality studies on a soft start for an induction motor, Int. Journal of Recent Trends in Eng, Vol 1, No3.
5. Chu Jianxin, Gu Wei, Huang HuiAn (2011), Equivalent Mathematical Model for Soft Starter of High-Voltage Asynchronous Motor, IEEE PEDS 2011, Singapore.
6. Krause P. C., O.Wasynczuk, and S. D. Sudhoff (2002), Analysis of electric machinery and drive systems, 2nd ed., NewYork, Wiley IEEE.
7. Hamed. S.A. and B.J. Chalmers, (1990), Analysis of variable voltage thyristor controlled induction motors Proc. Inst. Elect. Eng., pt.B, vol 137, no3.
8. Kisnan. R (2001), Electric motor drive modeling, Analysis and Control, Prentice Hall, NewJesey.



H.5. Kết quả mô phỏng dòng điện của bộ KĐM ứng với các góc mở điều khiển khác nhau của thyristor: a - Dòng điện khởi động của động cơ theo thời gian khi góc mở $\alpha=30^\circ$; b - Dòng điện khởi động của động cơ theo thời gian khi góc mở $\alpha=80^\circ$

3. Kết luận

❖ Kết quả mô phỏng các bộ khởi động mềm cho thấy tùy theo giá trị đặt của góc mở điều khiển mà quá trình khởi động của các động cơ là dài hay ngắn: (H.5.a, động cơ khởi động xong trong khoảng 7 s; H.5.b - động cơ khởi động xong trong khoảng 13 s). Giá trị của dòng điện khởi động được tăng lên nhiều hay ít (H.5.a khi $I_{kd}=12$ A; H.5.b khi $I_{kd}=9$ A);

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The paper shows the way to build up the maths equations of soft starter. Basing on the equations, the simulation model can use to analyze the effect of soft starter to the 6 kV mine grid. The results got from simulation will be used to point out solution in choosing fire angles of thyristor controller. Different firing angles will give different starting times and starting currents, these results will be base for further study on operation of soft starters.