

NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN BỘ KHÔI PHỤC ĐIỆN ÁP ĐỘNG (DVR) ĐỂ BÙ LỖI/LỖM ĐIỆN ÁP NGẮN HẠN TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

ANALYSIS, EFFECTIVE EVALUATION OF CONTROL METHODS FOR DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) TO COMPENSATION VOLTAGE SWELL/SAG IN ELECTRICAL POWER NETWORK

Trần Duy Trinh¹, Võ Tiến Trung¹,
Nguyễn Minh Thu¹, Nguyễn Quang Thuận²

TÓM TẮT

Bài viết trình bày các ảnh hưởng của lỗi/lỗm điện áp ngắn, nguyên nhân và cách khắc phục nó bằng việc sử dụng bộ khôi phục điện áp động (DVR). Ba phương pháp điều khiển cho DVR được phân tích làm rõ về đặc điểm và các ưu, nhược điểm của từng phương pháp trong việc bù lỗi/lỗm điện áp ngắn trên lưới điện 3 pha, trong điều kiện điện áp lỗi/lỗm có dịch góc pha và không dịch góc pha. Kết quả này sẽ làm cơ sở cho việc xây dựng cấu trúc và thuật toán điều khiển của DVR. Cuối cùng là một thiết kế mô phỏng để minh chứng các đặc điểm và tính chất của các phương pháp trên.

Từ khóa: Lỗi/lỗm điện áp, Bộ khôi phục điện áp động, Bù lỗi/lỗm điện áp.

ABSTRACT

This paper present the effects of swell/sag (dip) voltage short-duration, the causes and solutions by using dynamic voltage restorer (DVR). Three compensation methods for DVRs are analyzed to clarify the advantages and disadvantages of each method of compensating swell/sag (dip) voltage short-duration in three-phase electrical power network with the phase angle. This results is the basis for building the structure and control algorithm in the DVR. A modelling simulation is designed to demonstrates the characteristics and properties the compensation methods of DVR.

Keywords: Sag(dip) voltage, Swell voltage, Dynamic Voltage Restorer, swell/sag (dip) voltage short-duration.

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Kỹ thuật Vinh

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Mobil: 0913258858

Email: votientrung.vut@gmail.com

Ngày nhận bài: 15/6/2018

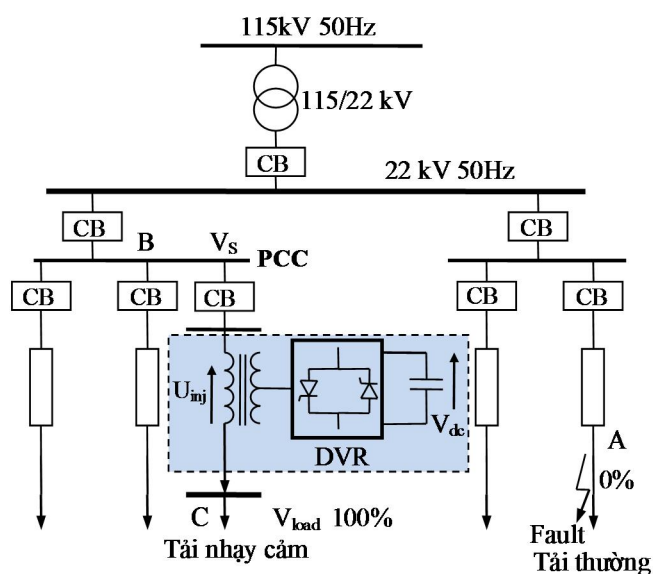
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/8/2018

Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2018

Phản biện khoa học: PGS. TS. Trịnh Trọng Chương

1. GIỚI THIỆU

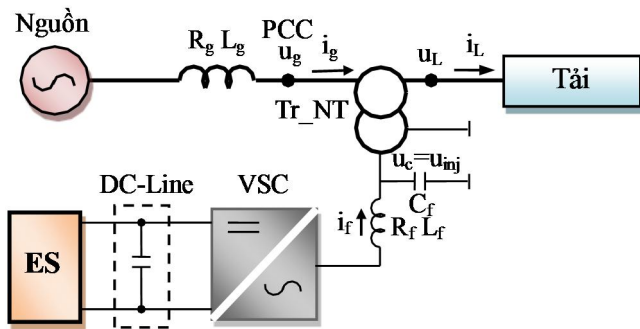
Sơ đồ cấu trúc lưới điện có kết nối DVR để bảo vệ tải nhạy cảm như trên hình 1 [5].



Hình 1. DVR bảo vệ một tải nhạy cảm [1]

Giả sử một sự cố ngắn mạch xảy ra tại điểm A hình 1, điện áp tại A bị giảm xuống 0V, điện áp tại điểm B cũng sẽ bị giảm xuống khoảng 64% [1]. Với điều kiện này chắc chắn bất kỳ tải nhạy cảm nào cũng sẽ bị ảnh hưởng với lỗm điện áp. Để đảm bảo cho tải nhạy cảm tiếp tục hoạt động, một DVR được lắp đặt tại điểm nối chung (PCC). Điện áp tại PCC sẽ được duy trì ở giá trị định mức do có sự hiện diện của DVR. Điều này có nghĩa là khi một lỗm điện áp xảy ra, một bộ khôi phục điện áp lỗm tự động phát hiện và bơm vào các thành phần điện áp để bù lại một phần hoặc toàn bộ lượng điện áp bị mất do sự cố, nhằm duy trì độ lớn cũng như góc pha của điện áp lưới, đảm bảo cho tải hoạt động bình thường.

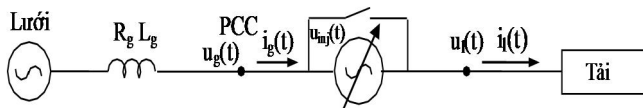
Cấu trúc các thành phần của một DVR được mô tả ở sơ đồ một dây hình 2, trong đó bao gồm: bộ biến đổi VSC; bộ lọc LC; hệ thống lưu trữ năng lượng ES; tụ phía một chiều DC-Link; máy biến áp nối tiếp Tr_NT.



Hình 2. Sơ đồ bộ biến VSC và bộ lọc LC nối lưới

Bộ biến đổi VSC được đại diện như một nguồn áp u_{inv} . Bộ lọc LC được đại diện bởi các thành phần điện trở R_f , điện cảm L_f và tụ điện C_f . Nguồn điện lưới được mô tả bởi một nguồn điện áp u_g nối tiếp với điện trở, điện kháng của lưới R_g, L_g . Máy biến áp nối tiếp được giả thiết như máy biến áp lý tưởng nên đại diện cho nó bởi thành phần L_v, R_v . Tải được đại diện bởi thành phần điện trở R_L , điện cảm L_L .

Về cơ bản, DVR làm việc như một nguồn áp nối tiếp, có độ lớn, góc pha và tần số có thể điều chỉnh được, trong đó $u_g(t)$ là điện áp lưới, $u_{inj}(t)$ là điện áp chèn vào từ DVR và $u_L(t)$ là điện áp tải (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ mô tả nguyên tắc hoạt động của DVR [1,2]

Mục tiêu của DVR là khôi phục điện áp trên tải theo giá trị mong muốn để tải nhạy cảm không bị sự cố khi gặp phải tác động của lỗi/lỗi điện áp từ lưới nguồn cung cấp. Vì vậy hệ thống điều khiển DVR có nhiệm vụ tạo ra giá trị điện áp chèn vào lưới $u_{inj}(t)$ với biên độ, tần số và góc pha để thỏa mãn mục tiêu điều chỉnh đó.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN DVR

Có 3 phương pháp điều khiển DVR cơ bản để tạo ra điện áp chèn vào lưới (u_{inj}), bao gồm: Phương pháp "Bù trước lỗi"; phương pháp "Bù đồng pha"; phương pháp "Bù tối ưu năng lượng".

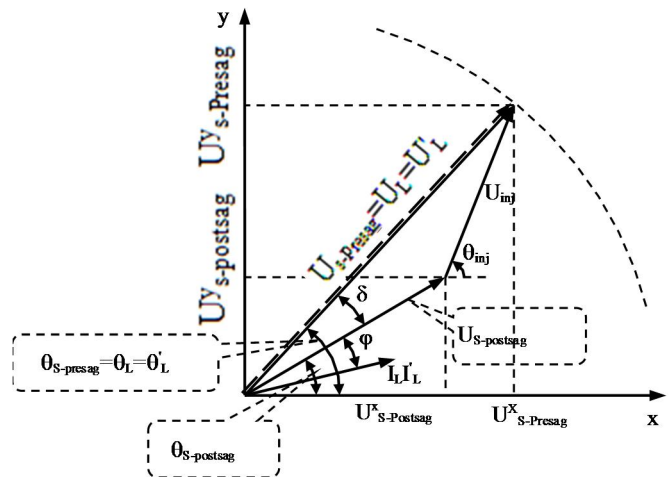
Để thống nhất các thuật ngữ trong bài viết tác giả đã dùng từ "lỗi điện áp" tương ứng với "giảm điện áp".

2.1. Phương pháp "Bù trước lỗi"

Là đảm bảo cho điện áp tải sau khi phục hồi U_L' được tính toán để đồng pha với điện áp trước khi lỗi $U_{S-Presag}$ [1,5].

Trên hình 4 là đồ thị vector cho biết nguyên lý của phương pháp "Bù trước lỗi". Khi hệ thống điện hoạt động trong điều kiện bình thường, độ lớn điện áp nguồn cung cấp U_S được xác định như điện áp trước lỗi và được ký hiệu $U_{S-Presag}$. Trong trường hợp này, DVR không chèn bất kỳ điện áp nào vào lưới điện, điện áp tải U_L và điện áp nguồn cung cấp sẽ được xem là bằng nhau. Khi xảy ra sự cố lỗi điện áp, độ lớn và góc pha của điện áp nguồn cung cấp có thể thay đổi và gọi là điện áp trong khi lỗi được ký hiệu là $U_{S-Postsag}$,

khi đó DVR hoạt động và tạo ra một điện áp $|U_{inj}|$ để chèn vào lưới, điện áp này được gọi là điện áp chèn vào và được ký hiệu là U_{inj} . Nếu lỗi điện áp được bù đủ bởi DVR, thì điện áp tải sẽ bằng điện áp trước khi lỗi $U_{S-Presag}$.



Hình 4. Đồ thị vector của phương pháp "Bù trước lỗi" [1,2]

Trên hình 4 các vector được ký hiệu như sau: $U_{S-Postsag}$ là vector điện áp nguồn trong khi lỗi, $U_{S-Presag}$ là vector điện áp nguồn trước khi lỗi, U_{inj} là vector điện áp được chèn vào bởi DVR, U_L là vector điện áp tải định mức, U_L' là vector điện áp tải sau khi được phục hồi, I_L là dòng điện tải; I_L' dòng điện tải sau khi phục hồi, $\theta_{S-Postsag}$ là góc pha trong khi lỗi, $\theta_{S-Presag}$ là góc pha trước khi lỗi, θ_{inj} góc của điện áp chèn vào của DVR, δ góc lệch pha trong khi lỗi ($\delta = \theta_{S-Postsag} - \theta_{S-Presag}$).

Phương pháp "Bù trước lỗi" có khả năng bù cả độ lớn điện áp và góc pha. Trong kỹ thuật này, điện áp U_{inj} do DVR phát ra được tính toán trong hai trường hợp:

- Trường hợp lỗi điện áp không có lệch góc pha $\delta = 0$ biên độ điện áp U_{inj} bằng hiệu giữa độ lớn điện áp nguồn trước khi lỗi $U_{S-Presag}$ và điện áp nguồn trong khi lỗi $U_{S-Postsag}$:

$$|U_{inj}| = |U_{S-Presag}| - |U_{S-Postsag}| \quad (1)$$

- Trường hợp các lỗi điện áp có lệch góc pha $\delta \neq 0$, độ lớn điện áp U_{inj} tăng khi góc giảm δ tăng và có thể tính nó từ công thức:

$$|U_{inj}| = \sqrt{U_{S-Presag}^2 + U_{S-Postsag}^2 - 2U_{S-Presag}U_{S-Postsag}\cos(\theta_{S-Postsag} - \theta_{S-Presag})} \quad (2)$$

Góc pha được tính toán để tạo ra vector điện áp chèn vào đảm bảo mục tiêu của chiến lược được xác định theo biểu thức:

$$\theta_{inj} = \tan^{-1} \frac{U_{S-Presag} \sin(\theta_{S-Presag})}{U_{S-Presag} \cos(\theta_{S-Presag}) - U_{S-Postsag} \cos(\theta_{S-Postsag})} \quad (3)$$

Công suất tác dụng cần thiết bơm vào lưới khi sử dụng phương pháp này được xác định theo biểu thức:

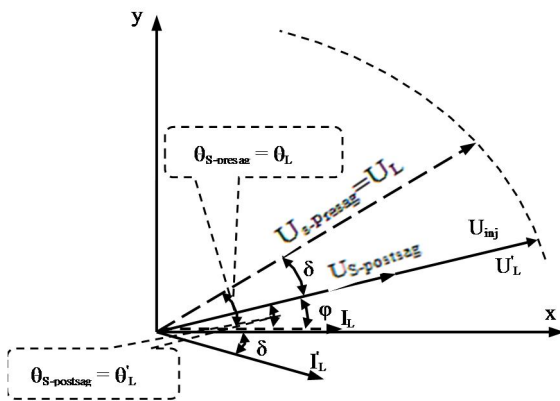
$$P_{inj} = \sqrt{3} |U_{inj}| |I_L| \cos(\theta_L - \theta_{inj}) \quad (4)$$

Từ (4) cho biết công suất P_{inj} phụ thuộc vào các tham số độ lớn điện áp chèn vào, góc pha θ_{inj} và còn phụ thuộc vào góc pha θ_L và I_L , tức là phụ thuộc vào công suất tải và đặc tính của từng loại phụ tải khác nhau.

Phương pháp này được coi là phương pháp bù tốt nhất, nó cho kết quả về sự biến dạng sóng điện áp tải thấp, do điện áp tải được bù không bị thay đổi cả độ lớn và góc pha so với điện áp trước khi lôm xảy ra. Tuy nhiên, phương pháp điều khiển này có độ lớn điện áp chèn vào tương đối lớn, dẫn đến một lượng công suất tác dụng P_{inj} khá lớn tương ứng được sử dụng để bơm vào lưới. Chiến lược "Bù trước lôm" được áp dụng phù hợp nhất trong trường hợp có tải đặc biệt nhạy cảm với sự thay đổi của góc pha và độ lớn điện áp (ví dụ: các bộ biến tần, hệ thống thông tin công nghiệp, thiết bị lập trình PLC).

2.2. Phương pháp "Bù đồng pha"

Là đảm bảo điện áp tải sau khi phục hồi U'_L đồng pha với điện áp nguồn trong khi lôm $U_{S-Postsag}$ [1,5]. Trên hình 5 là đồ thị vector cho biết nguyên lý của phương pháp "Bù đồng pha".



Hình 5. Đồ thị phasor của phương pháp "Bù đồng pha" [5]

Nếu một lôm điện áp xảy ra thì hệ thống bù sử dụng phương pháp "Bù trước lôm" sẽ phát ra điện áp tương tự như điện áp trong khi lôm nhưng có độ lớn và góc pha được xác định theo các biểu thức sau:

- Độ lớn điện áp được chèn vào:

$$|U_{inj}| = |U_{S-presag}| - |U_{S-Postsag}| \quad (5)$$

- Góc pha điện áp chèn vào:

$$\angle U_{inj} = \theta_{S-Postsag} = \theta'_L \quad (6)$$

- Công suất cần thiết chèn vào được xác định theo biểu thức sau:

$$P_{inj} = \sqrt{3} |U_{inj}| |I_L| \cos(\theta_L) \quad (7)$$

$$P_{supply} = \sqrt{3} |U_{S-Postsag}| |I_L| \cos(\theta_L) \quad (8)$$

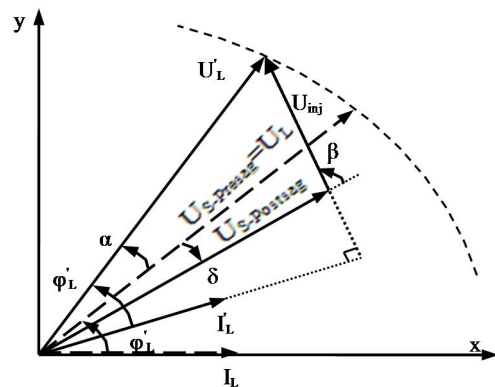
Một trong những ưu điểm của phương pháp này là độ lớn của điện áp chèn vào được giảm so với chiến lược "Trước lôm" cho một lôm điện áp vì không phải bù góc pha, do vậy làm giảm bớt yêu cầu bơm vào công suất tác

dụng P_{inj} . Hạn chế của phương pháp điều khiển này là, nếu xảy ra một lôm điện áp mà gây ra một góc dịch pha (δ) trong điện áp lưới thì điện áp tải được bù sẽ chịu cùng một giá trị của góc dịch pha đó, tức là sự biến dạng điện áp/dòng điện do góc pha thay đổi là không được giảm thiểu. Do vậy, hoạt động của các tải nhạy cảm với sự thay đổi góc pha có thể bị ảnh hưởng, vì thế phương pháp này không phù hợp cho việc bù các tải nhạy cảm với góc dịch pha.

2.3. Phương pháp "Bù tối ưu năng lượng"

Là đảm bảo góc pha α của điện áp sau khi phục hồi U'_L được xác định trên cơ sở của điều kiện $P_{inj} = 0$ hoặc $dP_{inj}/d\alpha = 0$ [1,5].

Đồ thị vector của phương pháp "Bù tối ưu năng lượng" được minh họa trong hình 6.



Hình 6. Đồ thị phasor của phương pháp "Bù tối ưu năng lượng" [1,5]

Trong phương pháp điều khiển đặc biệt này việc sử dụng công suất tác dụng có thể thấp nhất (hoặc bằng không) và cần phân biệt hai trường hợp sau đây:

- Trường hợp thứ nhất để cập đến độ lớn lôm điện áp: Nếu độ lớn của điện áp lôm $U_{S-Postsag} > U'_L \cos \phi_L$ (ϕ_L là góc pha công suất tải). Khi đó có thể điều khiển vector điện áp chèn vào U_{inj} vuông góc với vector dòng điện tải I'_L để độ lớn điện áp tải nhận được $U_L = U'_L$, (Ở đây có thể xem điện áp U'_L bằng điện áp định mức tải) và góc dịch bằng góc lựa chọn tối ưu là $\alpha = \alpha_{opt}$ được xác định theo biểu thức sau [1,5]:

$$\alpha_{opt} = \phi_L + \delta - \arccos \left(\frac{U_L}{U_{S-Postsag}} \cdot \cos(\phi_L) \right) \quad (9)$$

Lúc này chỉ cần bơm công suất phản kháng vào lưới, do đó sẽ không có bất kỳ lo ngại về khả năng lưu trữ năng lượng và thời gian bù, như vậy chúng ta có khả năng phục hồi lại điện áp tải với công suất tác dụng $P_{inj} = 0$.

- Trường hợp thứ hai là trường hợp không có giới hạn nào cả, khi đó điện áp chèn vào có thể được tính toán với độ lớn điện áp theo công thức [5]:

$$U_{inj} = \begin{cases} \sqrt{U_L^2 + U_{S-Postsag}^2 - 2U_L U_{S-Postsag} \cos(\phi'_L)} & \text{khí } U_{S-Postsag} < U_L \cos(\phi'_L) \\ U_L \sin \phi - \sqrt{U_{S-Postsag}^2 - U_L^2 \cos^2(\phi'_L)} & \text{khí } U_{S-Postsag} \geq U_L \cos(\phi'_L) \end{cases} \quad (10)$$

Còn góc sớm pha β được xác định bằng:

$$\beta = \begin{cases} \arcsin(U_L \sin \varphi / \sqrt{U_L^2 + U_{S-Postag}^2}) & \text{khi } U_{S-Postag} < U_L \cos \varphi_L \\ \pi/2 - \arccos(U_L \cos \varphi / 2U_{S-Postag}) & \text{khi } U_{S-Postag} \geq U_L \cos \varphi_L \end{cases} \quad (11)$$

Công suất tác dụng hệ thống bơm vào lưới:

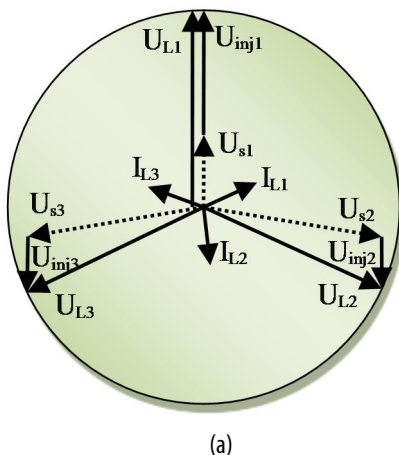
$$P_{inj} = \begin{cases} U_L \cos \varphi_L - 2U_{S-Postag} I_L \cos(\varphi_L - \delta) & \text{khi } U_{S-Postag} < U_L \cos \varphi_L \\ 0 & \text{khi } U_{S-Postag} \geq U_L \cos \varphi_L \end{cases} \quad (12)$$

Bên cạnh những lợi thế rất lớn của chiến lược trong trường hợp một là không đòi hỏi công suất tác dụng, trong phương pháp thứ ba này tồn tại hai nhược điểm lớn đó là sự biến dạng góc pha và biên độ điện áp chèn vào là khá cao. Hơn nữa, việc bù với thành phần công suất phản kháng thuần túy chỉ có thể dành cho các lỗi cạn. Nếu một lỗi sâu xảy ra, một phần công suất tác dụng cần thiết được cung cấp, trong một trường hợp lỗi xấu nhất nó sẽ trở thành như bù "Bù trước lỗi".

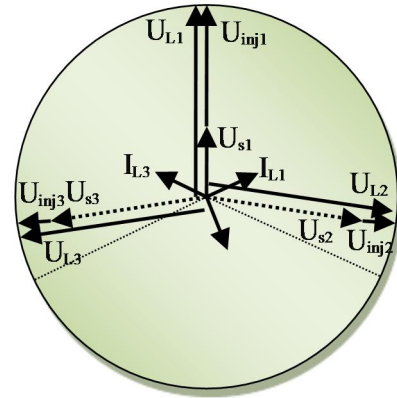
3. ĐIỀU KHIỂN DVR BÙ LỖI/LỖM ĐIỆN ÁP NGẮN TRÊN LƯỚI ĐIỆN 3 PHA

Đối với các hệ thống ba pha, các sự cố lỗi/lỗm điện áp ngắn xảy ra có thể là lỗi/lỗm điện áp cân bằng cũng có thể là không cân bằng. Một cuộc khảo sát bởi EPRI [1,2] cho thấy có tới 68% là các sự cố một pha, 19% sự cố hai pha và 13% là sự cố ba pha, qua đó có đến 87% là các sự cố không đối xứng. Khi xuất hiện một sự cố không đối xứng dẫn đến xuất hiện các lỗi điện áp không cân bằng trên lưới điện, khi đó điện áp trên lưới ngoài thành phần thứ tự thuận còn xuất hiện cả thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không, độ sâu lỗi điện áp cũng như thời gian tồn tại lỗi trên các pha không giống nhau, dịch góc pha trên các pha điện áp trong sự cố lỗi điện áp cũng có thể khác nhau trên cả ba pha.

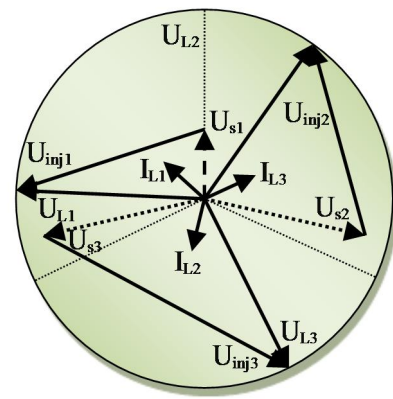
Hình 7 là sơ đồ vector mô tả ba phương pháp tạo điện áp chèn vào trên lưới điện ba pha. Các vector được ký hiệu trên hình: U_{s1}, U_{s2}, U_{s3} là các vector điện áp pha nguồn bị lỗi, U_{L1}, U_{L2}, U_{L3} là các vector điện áp pha tải, $U_{inj1}, U_{inj2}, U_{inj3}$ là các vector điện áp pha chèn vào lưới, I_{L1}, I_{L2}, I_{L3} là các vector dòng điện pha của tải.



(a)



(b)



(c)

Hình 7. Sơ đồ vector mô tả ba phương pháp tạo điện áp chèn vào trên lưới điện ba pha a) "Bù trước lỗi", b) "Bù đồng pha" và c) "Bù tối ưu năng lượng"

Các phương pháp điều khiển cho DVR để bù lỗi/lỗm điện áp ngắn trên lưới điện 3 pha cơ bản được dựa trên 3 phương pháp đã trình bày ở trên, tuy nhiên có những khác biệt:

- Việc bù điện áp phải được thực hiện đồng bộ trên cả ba pha. Tuy nhiên, vì trong một sự cố lỗi/lỗm điện áp thì độ lớn và góc pha có thể khác nhau, dẫn đến việc tính toán độ lớn điện áp bù và góc pha bù trên mỗi pha là khác nhau. Do vậy, nguyên lý điều khiển vector có thể được áp dụng để xây dựng thuật toán cho DVR trên lưới điện 3 pha là phù hợp.

- Khâu đồng bộ điện áp lưới hết sức quan trọng, việc xác định được góc pha trước và trong khi xảy ra lỗi, lỗm điện áp để đồng bộ điện áp chèn vào của DVR và điện áp lưới là hết sức quan trọng. Việc này các phương pháp đồng bộ thông thường khó thực hiện mà phải cần đến phương pháp đồng bộ lưới bằng vòng khóa pha (PLL). Trong giới hạn bài báo này tác giả sẽ không đi sâu về khâu đồng bộ.

- Các thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không cần phải được xử lý nếu có một sự cố lỗi/lỗm điện áp không cân bằng xảy ra. Việc này cần có một thuật toán điều khiển phù hợp dựa trên các nguyên lý điều khiển ở trên.

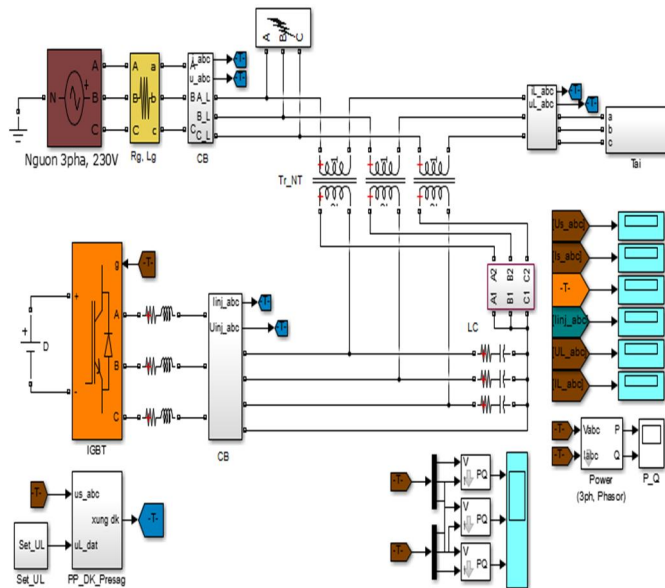
4. MÔ PHỎNG KIỂM TRA CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN DVR

Trên hình 8 là mô hình Simulink của hệ thống DVR kết nối lưới điện 3 pha, trong đó các phần tử hệ thống được

mô hình hóa là: Nguồn điện 3 pha với điện áp 230V; điện trở điện kháng lưới R_g, L_g ; Hệ thống đo lường điện áp và dòng điện 3 pha (CB); Tải (có thể tải nhạy cảm hoặc tải thường). Bộ khôi phục điện áp động (DVR) gồm có: Máy biến áp nối tiếp Tr-NT; Bộ biến đổi SVC; Hệ thống lưu trữ năng lượng; bộ lọc LC. Các tham số cơ bản của mô hình cho trong bảng 1.

Bảng 1. Các tham số cơ bản của mô hình mô phỏng

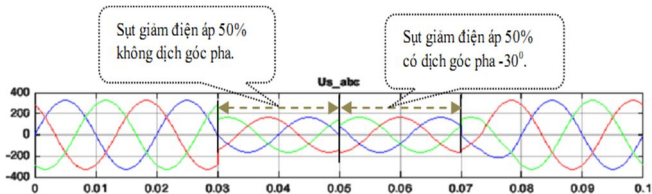
TT	Mô tả	Giá trị định mức
1	Tải định mức	10kVA
2	Công suất định mức của DVR	5 kVA
3	Điện áp tải	230V
4	Điện áp DVR	0 - 115V
5	Điện áp phía DC-link	560V
6	Tần số nguồn	50Hz
7	Tần số chuyển mạch	5kHz



Hình 8. Mô hình mô phỏng Matlab/Simulink hệ thống DVR kết nối lưới điện 3 pha

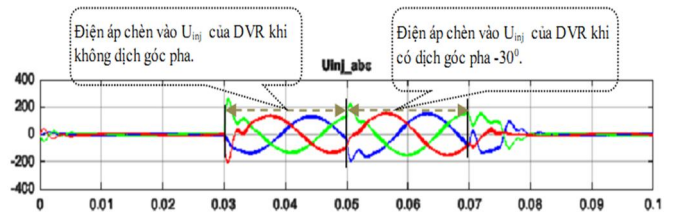
4.1. Phương pháp điều khiển “Bù trước lỗi” áp dụng cho bù Lỗi/lỗi điện áp của DVR

Hình 9a là dạng điện áp nguồn (u_s) bị sụt giảm trong khoảng 0,03s đến 0,05s với độ lớn điện áp 50% và không dịch góc pha. Trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



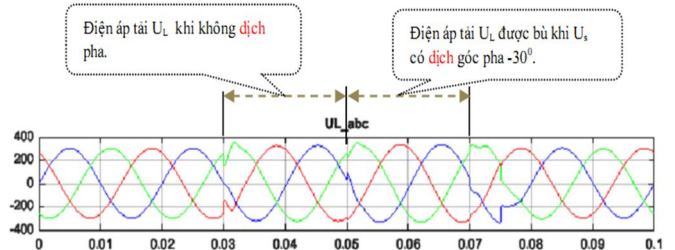
Hình 9a. Điện áp nguồn (u_s)

Hình 9b là dạng điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt khi không dịch góc pha và khi có dịch góc pha -30° trong khoảng 0,05s đến 0,07s.



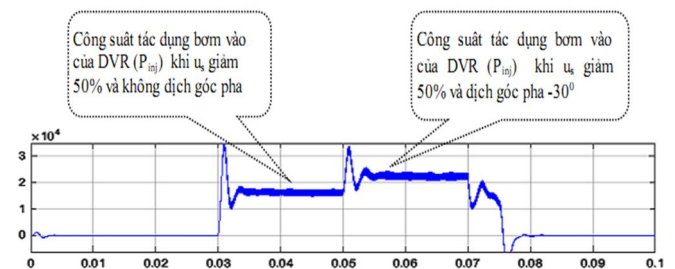
Hình 9b. Điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR

Hình 9c là dạng điện áp tải (u_L) đã được khôi phục bởi DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50% và không dịch góc pha. Điện áp tải (u_L) đã được khôi phục bởi DVR trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



Hình 9c. Điện áp tải (u_L)

Hình 9d là dạng công suất tác dụng (P_{inj}) bơm vào bởi DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s khi điện áp nguồn u_s giảm 50%. Dạng công suất tác dụng bơm vào (P_{inj}) bởi DVR khi điện áp nguồn u_s bị giảm 50% và dịch góc pha -30° trong khoảng 0,05s đến 0,07.



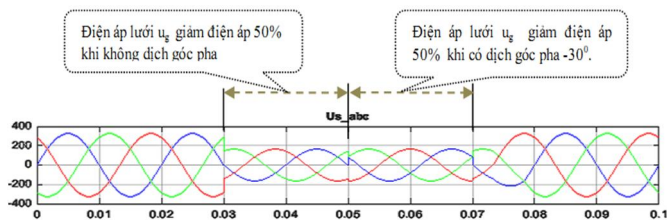
Hình 9d. Công suất tác dụng (P_{inj}) bơm vào bởi DVR

Nhận xét: Thông qua kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp điều khiển “Bù trước lỗi” đã đạt được các kết quả như sau:

- Đảm bảo được điện áp cấp cho tải nhạy cảm với giá trị mong muốn, bằng việc chèn vào một giá trị điện áp có độ lớn và góc pha phù hợp.
- Mặc dù điện áp nguồn (u_s) bị giảm và dịch góc pha nhưng điện áp trên tải đạt được giá trị mong muốn và góc pha trên tải vẫn đảm bảo bằng góc pha của điện áp nguồn trước khi xảy ra sụt giảm (góc pha trước khi - trong khi - sau khi không thay đổi).
- Thời gian bù nhanh chóng, chưa đến 1/2 chu kỳ (0,01s) đã thực hiện bù đủ.
- Công suất tác dụng bơm vào lưới của DVR khi bù điện áp trong điều kiện không dịch góc pha (thời gian từ 0,03 đến 0,05) có giá trị nhỏ hơn công suất tác dụng khi bù có dịch góc pha (thời gian từ 0,05 đến 0,07).

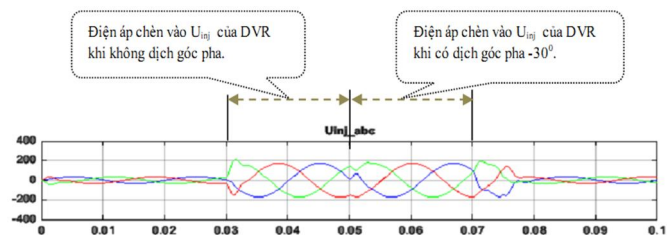
4.2. Phương pháp điều khiển “Bù đồng pha” áp dụng cho bù lỗi/lỗi điện áp của DVR

Hình 10a là dạng điện áp lưới (u_g) bị sụt giảm trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50% và không dịch góc pha. Trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



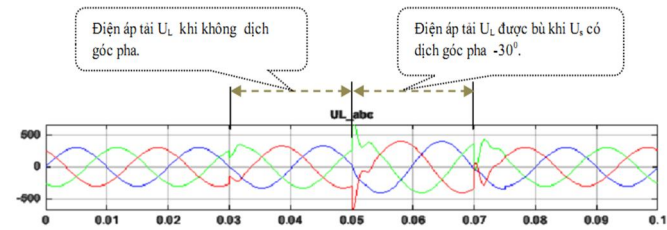
Hình 10a. Điện áp lưới (u_g)

Hình 10b là dạng điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50% và không dịch góc pha. Điện áp chèn vào (U_{inj}) của DVR trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



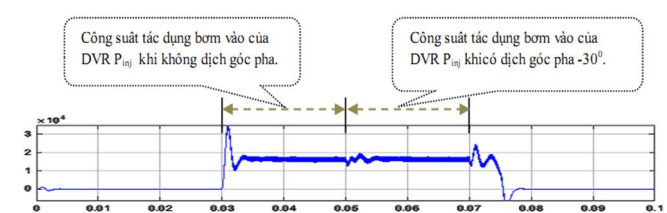
Hình 10b. Điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR

Hình 10c là dạng điện áp tải (u_L) đã được khôi phục bởi DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50% và không dịch góc pha. Điện áp tải (u_L) đã được khôi phục bởi DVR trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



Hình 10c. Điện áp tải (u_L)

Hình 10d là dạng điện áp chèn vào (U_{inj}) của DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50% và không dịch góc pha. Điện áp chèn vào (U_{inj}) của DVR trong khoảng 0,05s đến 0,07s với sụt giảm điện áp 50% và dịch góc pha -30° .



Hình 10d. Công suất tác dụng (P_{inj}) bơm vào bởi DVR

Nhận xét: Từ kết quả mô phỏng ở hình 10,b,c,d cho thấy phương pháp điều khiển bù giảm điện áp không dịch góc pha của DVR đã đạt được các kết quả như sau:

- Đảm bảo được điện áp cấp cho tải nhạy cảm với giá trị mong muốn (điện áp tải đặt u_L), bằng việc chèn vào một giá trị điện áp có độ lớn phù hợp.

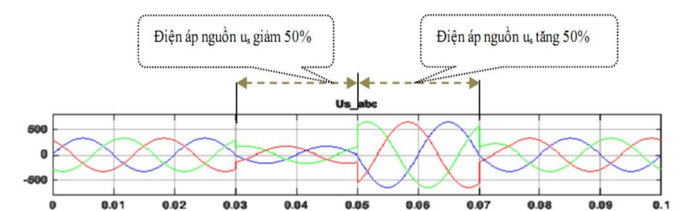
- Nếu điện áp nguồn (u_g) bị giảm và dịch góc pha thì điện áp trên tải đạt được giá trị mong muốn và góc pha của điện áp trên tải bị nhảy theo góc pha điện áp nguồn trong thời điểm sụt giảm điện áp.

- Thời gian bù nhanh chóng, chưa đến 1/2 chu kỳ (0,01s) đã thực hiện bù đủ.

- Công suất tác dụng bơm vào lưới của DVR khi bù điện áp trong điều kiện không dịch góc pha (thời gian từ 0,03 đến 0,05) có giá trị bằng công suất tác dụng khi bù có dịch góc pha (thời gian từ 0,05 đến 0,07). Phương pháp này không có khả năng bù góc pha.

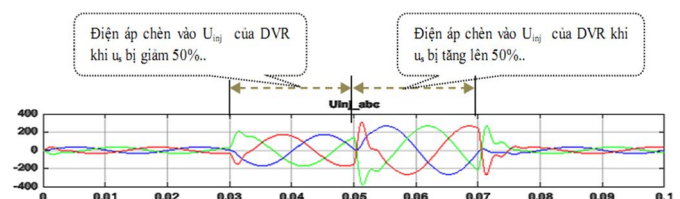
4.3. Phương pháp điều khiển cho bù lỗi/lỗi điện áp của DVR

Hình 11a là dạng điện áp nguồn (u_g) bị giảm trong khoảng 0,03s đến 0,05s với sụt giảm điện áp 50%. Dạng điện áp nguồn (u_g) bị tăng lên 50% trong khoảng 0,05s đến 0,07s.



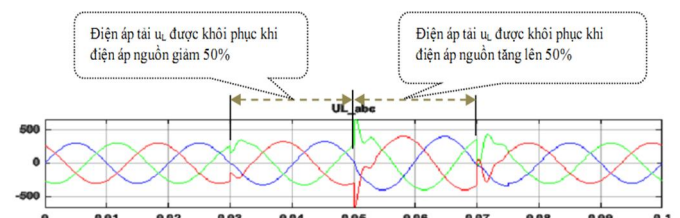
Hình 11a. Điện áp nguồn (u_g)

Hình 11b là Dạng điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s khi điện áp nguồn u_g giảm 50% và tăng 50% trong khoảng 0,05s đến 0,07s.



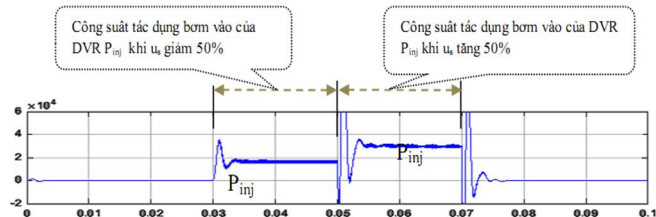
Hình 11b. Điện áp chèn vào (u_{inj}) của DVR

Hình 11c là dạng điện áp tải (u_L) đã được khôi phục bởi DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s khi điện áp nguồn (u_g) giảm xuống 50% và tăng 50% trong khoảng 0,05s đến 0,07s.



Hình 11c. Điện áp tải (u_L)

Hình 11d là dạng công suất tác dụng (P_{inj}) bơm vào bởi DVR trong khoảng 0,03s đến 0,05s khi điện áp nguồn u_s giảm 50% và tăng 50% trong khoảng 0,05s đến 0,07s.



Hình 11d. Công suất tác dụng (P_{inj}) bơm vào bởi DVR

Nhận xét: Kết quả mô phỏng ở hình 11a,b,c,d cho thấy phương pháp điều khiển bù tăng điện áp ngắn của DVR đã đạt được các kết quả như sau:

- Đảm bảo được điện áp cấp cho tải nhạy cảm với giá trị mong muốn (điện áp tải đặt u_L), bằng việc chèn vào một giá trị điện áp có độ lớn phù hợp và góc pha ngược 180° với điện áp trên lưới.
- Phương pháp điều khiển DVR cho bù tăng điện áp cũng được thực hiện cho cả trường hợp tăng điện áp có dịch góc pha và tăng điện áp khi không dịch góc pha.
- Thời gian bù nhanh chóng, chưa đến 1/2 chu kỳ (0,01s) đã thực hiện bù đủ.
- Công suất tác dụng bơm vào lưới của DVR khi bù tăng điện áp trong điều kiện không dịch góc pha có giá trị nhỏ hơn công suất tác dụng khi bù có dịch góc pha. Đồng thời, còn phụ thuộc vào mức độ tăng điện áp.

5. KẾT LUẬN

Bài báo phân tích 3 phương pháp điều khiển cơ bản cho DVR, trong đó phương pháp “Bù trước lỗi” có khả năng bù lỗi/lỗi điện áp không dịch góc pha và có dịch góc pha. Tuy nhiên, khi bù lỗi/lỗi điện áp có dịch góc pha, DVR bơm vào lưới một lượng công suất tác dụng (P_{inj}) lớn hơn so với khi bù lỗi/lỗi điện áp không dịch góc pha. Với đặc điểm của phương pháp này, nó có thể đáp ứng hầu hết các dạng phụ tải nhạy cảm. Phương pháp “Bù đồng pha” chỉ có khả năng bù lỗi/lỗi điện áp không dịch góc pha, do vậy công suất tác dụng (P_{inj}) mà DVR bơm vào lưới khi sử dụng phương pháp “Bù đồng pha” có giá trị nhỏ hơn phương pháp “Bù trước lỗi” trong cùng một sự cố lỗi/lỗi điện áp. Phương pháp “Bù đồng pha” không phù hợp với các tải nhạy cảm với góc pha, vì vậy nó có thể sử dụng phù hợp để bù lỗi/lỗi điện áp cho các phụ tải chỉ nhạy cảm với độ lớn điện áp. Phương pháp “Bù tối ưu năng lượng” tồn tại hai nhược điểm lớn đó là sự biến dạng góc pha và biên độ điện áp chèn vào là khá cao. Hơn nữa, việc bù với thành phần công suất phản kháng thuần túy chỉ có thể dành cho các lỗi ngắn. Nếu một lỗi sâu xảy ra, một phần công suất tác dụng cần thiết phải được cung cấp, trong trường hợp lỗi xấu nhất nó sẽ trở thành như bù “Bù trước lỗi”. Ngoài ra phương pháp điều khiển này có phần phức tạp trong thực hiện vì việc chuyển đổi thuật toán điều khiển phải phụ thuộc và mức độ lỗi/lỗi của điện áp.

Các phương pháp điều khiển DVR đã trình bày ở trên có thời gian bù đáp ứng tốt các yêu cầu của các tải nhạy cảm hiện nay. Tuy nhiên, việc vận dụng các phương pháp điều khiển để xây dựng cấu trúc điều khiển cho một DVR bảo vệ cho phụ tải, cần thiết phải có khảo sát đánh giá về đặc điểm nhạy cảm của tải, yêu cầu bù cũng như vị trí bù của tải nhạy cảm đó trên hệ thống lưới điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Strzelecki. Benysek, 2008. *Power Electronics in Smart Electrical Energy Networks*. © 2008 Springer-Verlag London Limited.
- [2]. Roberto chouhy Leborgne, 2005. *Voltage sags characterisation and estimation*. Chalmers University Of Technology.
- [3]. John Godsk Nielsen and Frede Blaabjerg, 2004. *Control Strategies for Dynamic Voltage Restorer Compensating Voltage Sags with Phase Jump*; by F. Blaabjerg on 15 November 2014.
- [4]. Trần Duy Trinh, Nguyễn Văn Liễn, Trần Trọng Minh, 2012. *Giảm thiểu ảnh hưởng của lồi điện áp trong hệ thống điện công nghiệp bằng bộ khôi phục điện áp động (DVR)*; Tạp chí Khoa học và công nghệ, Đại học Thái nguyên, tập 122 (08) 2014.
- [5]. Trần Duy Trinh, 2015. *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.