

GIẢI PHÁP DVR KHÔNG DÙNG BỘ LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG

Đinh Khắc Long¹*, Nguyễn Mạnh Hùng¹, Đỗ Phương Nhung¹

***Tác giả liên hệ, Email: dklong@hou.edu.vn**

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 08/09/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/10/2025

DOI: 10.59266/houjs.2025.732

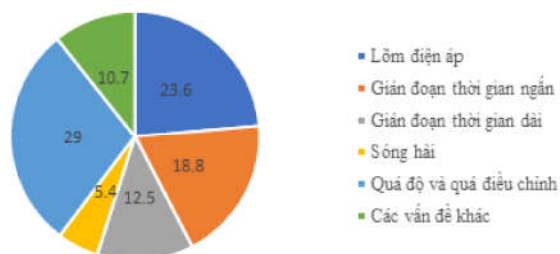
Tóm tắt: Bài báo tập trung vào việc thiết kế và điều khiển bộ khôi phục điện áp động (DVR) nhằm hạn chế tác động của sự cố lỗi điện áp đến các thiết bị tiêu thụ điện yêu cầu độ ổn định cao. DVR được lắp phía trước phụ tải, có thể phát hiện lỗi điện áp và chèn thêm điện áp bù để đảm bảo điện áp cung cấp không bị gián đoạn. Điểm nổi bật của nghiên cứu là đề xuất cấu trúc DVR không dùng tích trữ năng lượng, thay vào đó lấy nguồn cấp trực tiếp từ lưới thông qua phần còn lại của điện áp khi xảy ra sự cố. Cách tiếp cận này giúp tối ưu chi phí và giảm kích thước thiết bị mà vẫn đáp ứng yêu cầu vận hành, với các nghiên cứu gần đây cho thấy khả năng bù lỗi áp đến 37–50% và giảm 20–30% chi phí đầu tư so với DVR có lưu trữ (Merchan-Villalba, et al., 2020) (Abuthahir & Periasamy, 2012) (Moghassemi & Padmanaban, 2020). Bài báo trình bày chi tiết cấu hình, cách lựa chọn thông số của hệ thống và mô phỏng trên nền tảng MATLAB/Simulink. Kết quả khẳng định khả năng bù điện áp nhanh, chính xác và ổn định của DVR, góp phần cải thiện chất lượng điện năng trong các ứng dụng công nghiệp.

Từ khóa: bộ khôi phục điện áp động, chất lượng điện năng, lỗi điện áp, bảo vệ tải nhạy cảm

I. Đặt vấn đề

Lỗi điện áp là một trong những sự cố phổ biến và gây ảnh hưởng nghiêm trọng nhất đến các thiết bị tiêu thụ điện yêu cầu độ ổn định cao trong hệ thống điện hiện đại, đặc biệt trong bối cảnh công nghiệp hóa và tự động hóa ngày càng phát triển. Theo kết quả khảo sát (Manson & Targosz, 2008), lỗi điện áp là một trong

hai lỗi có tần suất xảy ra nhiều nhất, chiếm 23,6%, gây thiệt hại lớn.



Hình 1. Tỷ lệ các sự cố về điện áp

¹ Trường Đại học Mở Hà Nội

Các giải pháp như UPS thường thích hợp cho các phụ tải nhỏ do chi phí đầu tư rất cao khi mở rộng cho hệ thống công suất lớn. Trong những năm gần đây, bộ khôi phục điện áp động (DVR) đã thu hút nhiều sự quan tâm nghiên cứu như một giải pháp khả thi và hiệu quả để hạn chế tác động của hiện tượng lổm điện áp. Cũng đã có những công trình tập trung vào cải tiến cấu trúc DVR và thiết kế bộ lọc dòng, trong khi một số nghiên cứu khác hướng đến chiến lược điều khiển nguồn tích trữ hoặc giải quyết các vấn đề liên quan đến bảo vệ và khả năng chống nhiễu của DVR. Trong nghiên cứu này, một cấu trúc DVR mới được đề xuất, sử dụng trực tiếp nguồn từ phía tải mà không cần tích hợp bộ lưu

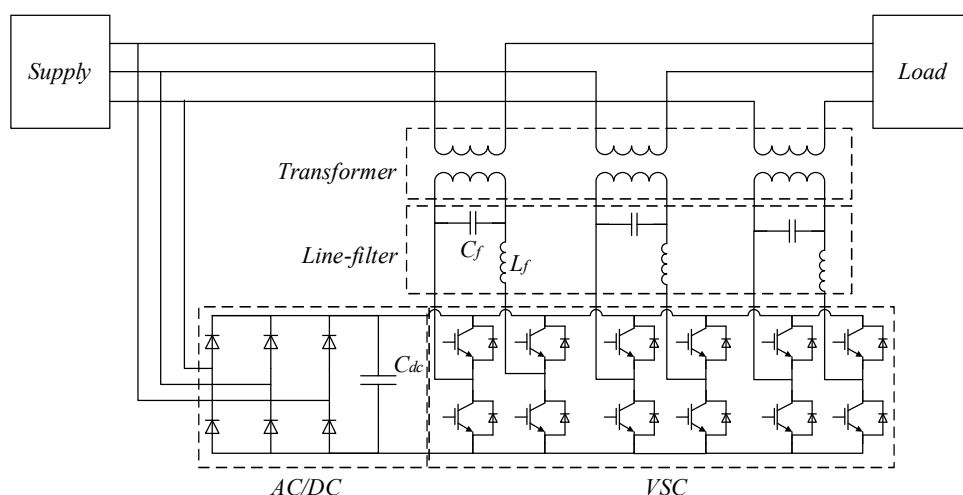
trữ năng lượng. Cấu hình này không chỉ giúp tiết kiệm chi phí đầu tư và giảm yêu cầu về không gian lắp đặt, mà còn vẫn đảm bảo được khả năng duy trì điện áp ổn định cho các phụ tải quan trọng trong hệ thống điện.

II. Cơ sở lý thuyết

2.1. Tổng quan về DVR

2.1.1. Các thành phần chính của DVR

Đặc trưng của DVR được nghiên cứu ở đây là không có hệ thống riêng để lưu trữ năng lượng. Nguồn cấp mặc dù điện áp bị giảm khi lổm, nhưng vẫn đủ để cấp cho DVR, có các bộ biến đổi được điều khiển phù hợp để xuất ra điện áp bù cho điện áp tải.



Hình 2. Cấu hình cơ bản của DVR lấy năng lượng phía nguồn

Cấu trúc của DVR bao gồm các thành phần chính đảm nhiệm các chức năng riêng biệt nhằm đảm bảo hiệu quả hoạt động của hệ thống.

Bộ biến đổi AC/DC có nhiệm vụ lấy năng lượng trực tiếp từ nguồn cấp và chuyển đổi thành điện áp một chiều ổn định để cung cấp cho hệ thống.

Thành phần trung tâm là bộ biến đổi nguồn áp ba pha (Voltage Source

Converter – VSC), được điều khiển thông qua phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) nhằm tạo ra điện áp bù phù hợp với sự cố điện áp trên lưới.

Để hạn chế sóng hài do quá trình chuyển mạch của VSC gây ra, một bộ lọc (line filter) được sử dụng, giúp tăng chất lượng sóng điện áp được chèn vào tải.

Máy biến áp đảm nhận chức năng cách ly điện áp giữa DVR và hệ thống lưới điện, đồng thời điều chỉnh mức điện áp bù theo yêu cầu.

Ngoài ra, hệ thống còn được trang bị mạch chuyển mạch bypass nhằm đảm bảo an toàn, cho phép cách ly DVR ra khỏi hệ thống điện trong các tình huống bất thường hoặc khi cần bảo trì..

2.1.2. Các chế độ hoạt động của DVR

Hệ thống DVR có thể hoạt động trong ba chế độ chính (Trinh, Minh, Liễn, & Minh, 2014), tương ứng với các trạng thái vận hành khác nhau:

- Chế độ bypass: Trong chế độ này, DVR được tách khỏi hệ thống thông qua mạch chuyển mạch bypass. Chế độ này thường được kích hoạt khi cần thực hiện công tác bảo trì, sửa chữa thiết bị hoặc khi xảy ra sự cố nghiêm trọng trên lưới điện, nhằm đảm bảo an toàn cho hệ thống DVR.

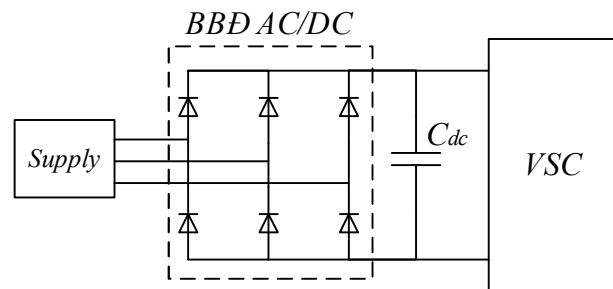
- Chế độ chờ (standby mode): DVR được kết nối với hệ thống điện nhưng không thực hiện bù điện áp. Thiết bị vẫn duy trì trạng thái hoạt động và sẵn sàng phản ứng ngay khi phát hiện sự cố lôm điện áp. Đây là trạng thái mặc định khi hệ thống vận hành ổn định.

- Chế độ bù (active mode): Khi phát hiện sự suy giảm điện áp vượt ngưỡng cho phép, DVR sẽ nhanh chóng chuyển sang chế độ bù, tính toán và chèn điện áp cần thiết để duy trì mức điện áp tải ở giá trị bình thường, giúp phụ tải hoạt động liên tục.

2.2. Thiết kế các thành phần của DVR

2.2.1. Nguồn cấp cho DVR

Các BBD AC/DC dùng trong DVR thường được lựa chọn là mạch chỉnh lưu cầu 3 pha như hình 3.



Hình 3. BBD AC/DC dùng trong DVR

Điện áp một chiều sau chỉnh lưu là (Chính, Hải, & Minh, 2004):

$$U_{dc} = 2.34 \frac{U_s}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Với U_s là điện áp dây của nguồn cung cấp.

Tụ điện DC-link đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo nguồn năng lượng tức thời cho bộ biến đổi VSC trong quá trình bù lôm điện áp. Để đáp ứng yêu cầu vận hành ổn định, tụ DC-link phải lưu trữ đủ năng lượng nhằm cung cấp công suất bù trong suốt thời gian diễn ra sự cố. Thông thường, dung lượng của tụ được thiết kế dựa trên kịch bản lôm điện áp nghiêm trọng nhất là ba pha bị suy giảm điện áp đồng thời (Choi, Li, & Vilathgamuwa, 2002). Giá trị điện dung cần thiết có thể được xác định theo công thức:

$$C_{dc} = \frac{2\delta P_L \Delta t}{U_{dc}^2 \left\{ 2 \frac{\Delta U_{dc}}{U_{dc}} - \left(\frac{\Delta U_{dc}}{U_{dc}} \right)^2 \right\}} \quad (2)$$

Trong đó, δ là độ sâu của lôm, Δt là thời gian lôm, P_L là công suất định mức

của tải, ΔU_{dc} là độ giảm tối đa của điện áp DC-link.

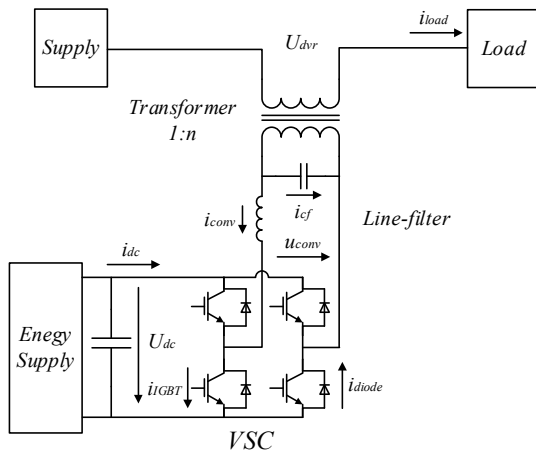
2.2.2. Thiết kế bộ biến đổi

VSC của DVR sử dụng các khóa bán dẫn điều khiển hoàn toàn như IGBT, GTO, IGCT. Trong đó, IGBT được chọn nhờ khả năng điều khiển dễ dàng, chuyển mạch nhanh và phù hợp với dải công suất ứng dụng thực tế (Nielsen & Blaabjerg, 2005).

Cấu trúc một pha của DVR được minh họa trong Hình 4, đã bao gồm bộ lọc LC và MBA nối tiếp. Bộ lọc LC giúp loại bỏ hài do điều chế PWM, còn MBA đảm bảo cách ly và tăng điện áp bù. Điện áp hiệu dụng đầu ra của bộ nghịch lưu cầu một pha được xác định bởi (Chính, Hải, & Minh, 2004):

$$U_{conv} = \frac{\mu U_{DC}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Với μ là hệ số điều chế.



Hình 4. Cấu trúc 1 pha của DVR

Dòng điện đi qua bộ biến đổi bằng tổng của dòng tạo ra bởi các chuyển mạch, dòng từ hóa của máy biến áp và dòng tải.

$$i_{VSC} = i_{cf}(t) + i_{magnetization}(t) + ni_{load}(t) \quad (4)$$

Điện áp đặt lên các van và diode được tính bằng:

$$U_T = U_{diode} = U_{DC} = 515V \quad (5)$$

Dòng lớn nhất qua van và diode bằng (Chính, Hải, & Minh, 2004):

$$I_T = \frac{I_m}{2}(1 + \mu) \quad (6)$$

$$I_D = \frac{I_m}{2}(1 - \mu) \quad (7)$$

Với $I_m = \sqrt{2}nI_L$ là biên độ điện áp ra của BBD (n là tỉ số MBA).

2.2.3. Thiết kế máy biến áp nối tiếp

Công suất MBA bằng đúng với công suất mất đi của tải trong khi lờm, kèm theo hệ số quá tải cho phép k_{qt} .

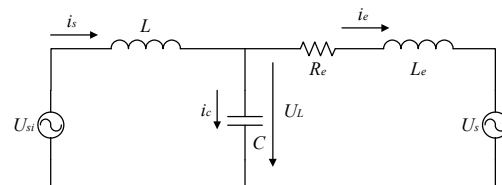
$$S_{tra} = k_{qt} \delta S_L \quad (8)$$

Điện áp phía sơ cấp của máy biến áp (MBA) bằng với điện áp đầu ra của bộ biến đổi. Trong khi đó, điện áp phía thứ cấp của MBA chính là điện áp DVR chèn thêm để bù cho tải khi xảy ra lờm điện áp. Do đó, tỷ số biến áp (hệ số MBA) được xác định theo công thức:

$$n = \frac{U_{sec}}{U_{pre}} = \frac{U_{DVR}}{U_{conv}} \quad (9)$$

2.2.4. Thiết kế bộ lọc

Bộ lọc được lắp đặt phía sau bộ biến đổi VSC nhằm giảm thiểu sóng hài sinh ra do điều khiển PWM. Vì được bố trí ở phía VSC, sơ đồ tương đương một pha của hệ thống DVR có dạng như Hình 5 (Choi, Li, & Vilathgamuwa, 2002).



Hình 5. Sơ đồ biểu diễn một pha của hệ thống sử dụng bộ lọc LC

Ở hình trên, U_s biểu thị cho điện áp tương đương của hệ thống phía đầu ra bộ lọc, $Z_e = R_e + j\omega L_e$ là trở kháng ngoài của DVR, U_{Si} biểu thị cho điện áp trên phía BBĐ của bộ lọc và được coi như 1 nguồn có sóng hài.

Nguyên lý hoạt động của bộ lọc LC là loại bỏ các thành phần hài cao tần ra khỏi hệ thống. Để đạt được mục tiêu này, dung kháng của tụ C được lựa chọn sao cho (Choi, Li, & Vilathgamuwa, 2002):

$$|Z_{e(m)}| = K_f |Z_{c(m)}|, K_f \ll 1 \quad (10)$$

Trong đó, $Z_{c(m)} = \frac{1}{m\omega_0 C}$ và $\omega_0 = 2\pi f_0$ biểu thị cho tần số cơ bản và m là bậc sóng hài nhỏ nhất được giảm. Từ hình 5, $U_{Si(n)}$ và $U_{L(n)}$ là điện áp sóng hài bậc thứ n bên phía BBĐ và tải của bộ lọc LC và $n = m, m + 1, m + 2, \dots, M$, M là bậc của sóng hài lớn nhất được giảm. Từ (10), ta có thể nhận được quan hệ sau đây:

$$U_{L(n)} = K_{(n)} U_{Si(n)} \quad (11)$$

Trong đó, $K_{(n)} = 1 / ((n\omega_0)^2 LC - 1)$.

Vì vậy:

$$L = \frac{1 + \frac{1}{K_{(n)}}}{(n\omega_0)^2 C} \quad (12)$$

Như vậy, giá trị L và C có thể nhận được bằng việc chọn giá trị thích hợp của K_f và $K_{(n)}$. Việc lựa chọn này đã được thực hiện ở tài liệu [3].

2.3. Lợi ích khảo nghiệm liên quan

Trong hai thập kỷ qua, DVR đã được nghiên cứu rộng rãi với nhiều cấu hình và phương pháp điều khiển khác nhau. Đặc biệt, DVR không dùng bộ lưu trữ năng lượng ngày càng nhận được sự quan tâm nhờ ưu thế về chi phí và độ tin cậy.

Merchan-Villalba và cộng sự (2020): giới thiệu DVR dựa trên matrix converter với điều khiển tuyến tính tách biệt (decoupled), cho phép nâng cao độ ổn định điện áp ngõ ra. Kết quả mô phỏng chứng minh khả năng bù sụt áp tới khoảng 37% và đảm bảo chất lượng điện áp theo chuẩn IEEE 1159.

Abuthahir & Periasamy (2012): phát triển DVR dựa trên direct converter, loại bỏ bộ lưu trữ năng lượng và cho phép bù tới 50% sụt áp cũng như 100% quá áp. Các thí nghiệm thực tế khẳng định cấu hình này có tính khả thi cao trong bảo vệ tải nhạy cảm.

Moghassemi & Padmanaban (2020): đưa ra một tổng quan toàn diện về các cấu hình DVR, so sánh ưu – nhược điểm của DVR có và không lưu trữ. Nghiên cứu nhấn mạnh DVR không lưu trữ là lựa chọn tối ưu cho môi trường công nghiệp, nơi nhu cầu chính là ngăn chặn các sự cố sụt áp ngắn hạn thay vì duy trì điện liên tục khi mất điện toàn phần.

Tổng hợp các nghiên cứu trên cho thấy DVR không dùng bộ lưu trữ có khả năng đáp ứng yêu cầu kỹ thuật về bù áp, đồng thời mang lại lợi ích rõ rệt về kinh tế và bảo trì, là cơ sở lý luận quan trọng cho nghiên cứu này.

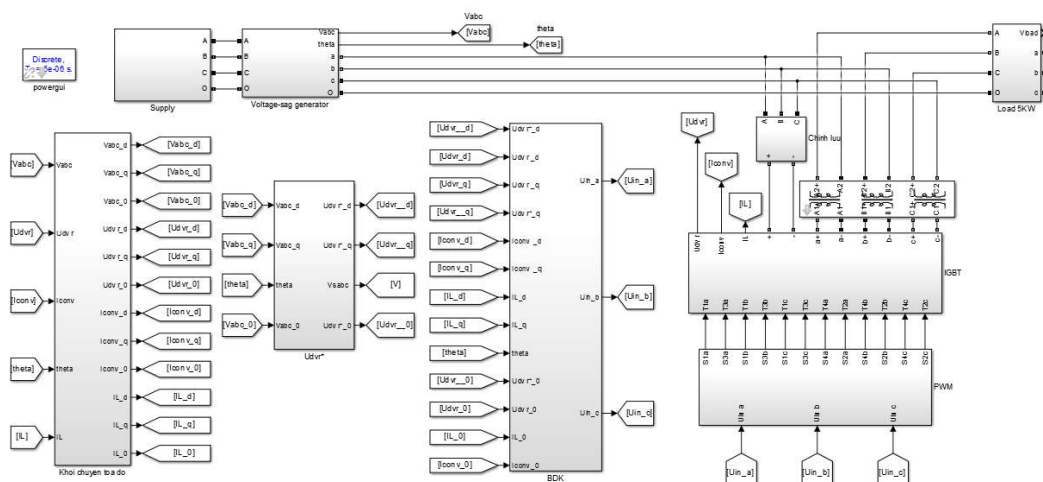
III. Phương pháp nghiên cứu

Mô hình mô phỏng hệ thống được xây dựng trên phần mềm Matlab phiên bản 2015a cùng thư viện Simulink với một tải có công suất nhỏ, 5kW, điện áp định mức 3 pha 380V, tần số 50Hz.

Lỗi điện áp được mô phỏng có độ sâu là 50%, thời gian xảy ra khoảng 0.1s.

Điện áp nguồn, điện áp bù từ DVR và điện áp tải được đo đặc để kiểm chứng trong các kịch bản sự cố:

- Lỗi điện áp một pha chạm đất.
- Lỗi điện áp hai pha chạm đất.
- Lỗi điện áp ba pha đối xứng.
- Lỗi điện áp hai pha chạm nhau.

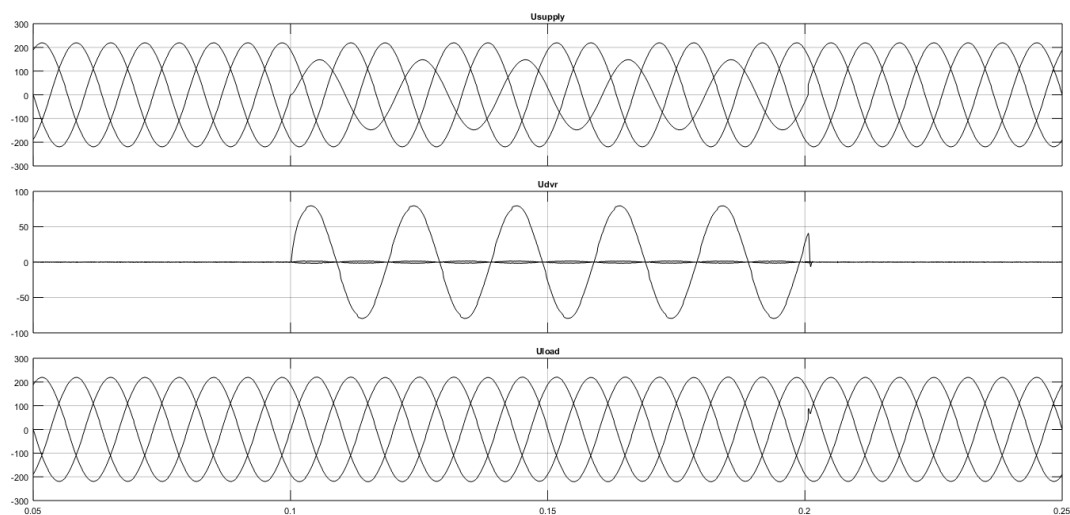


Hình 6. Sơ đồ mô phỏng trên Matlab – Simulink

IV. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

4.1. Kết quả mô phỏng

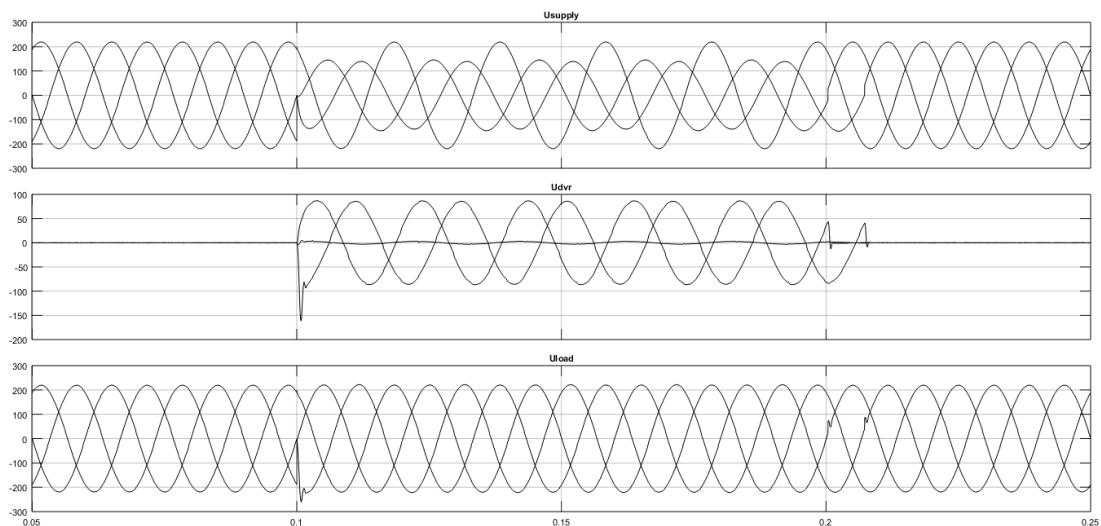
Các hình dưới đây thể hiện kết quả mô phỏng cho điện áp nguồn cấp, điện áp bù từ DVR và điện áp tải khi lỗi xảy ra.



Hình 7. Lỗi điện áp 1 pha

Kết quả trong Hình 7 cho thấy hệ thống DVR hoạt động hiệu quả khi sự cố lỗi điện áp một pha chạm đất xảy ra trong khoảng thời gian từ 0,1s đến 0,2s.

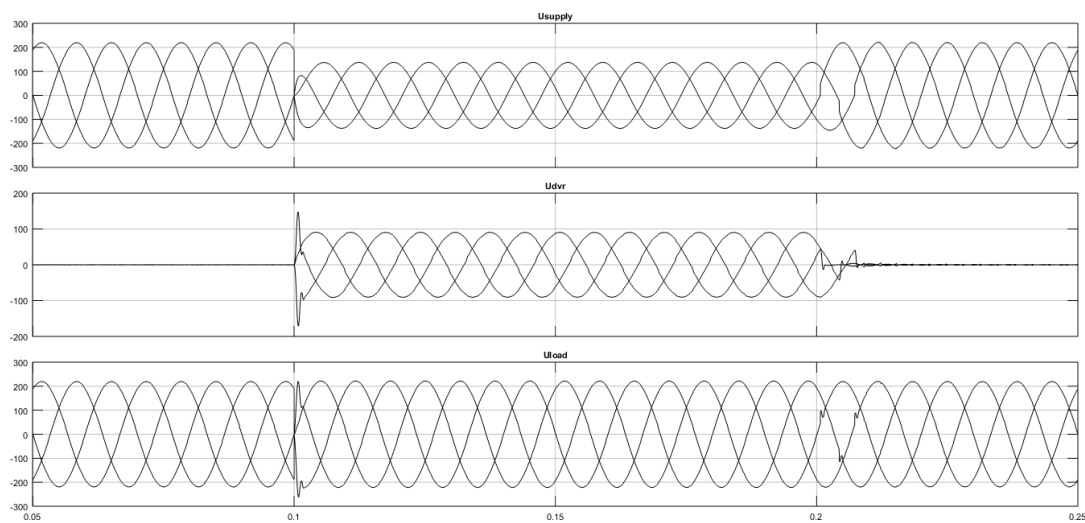
Với phản ứng tức thời, DVR đã kịp thời chèn điện áp cho pha gặp sự cố, giúp điện áp tại tải hầu như không suy giảm so với trạng thái ban đầu.



Hình 8. Lỗi điện áp 2 pha

Hệ thống có sử dụng DVR được mô phỏng trong tình huống xuất hiện lỗi điện áp do sự cố chạm đất hai pha. Do mức độ suy giảm điện áp không đồng đều giữa hai pha nên điện áp bù từ DVR cho mỗi pha cũng khác nhau. Trong quá trình

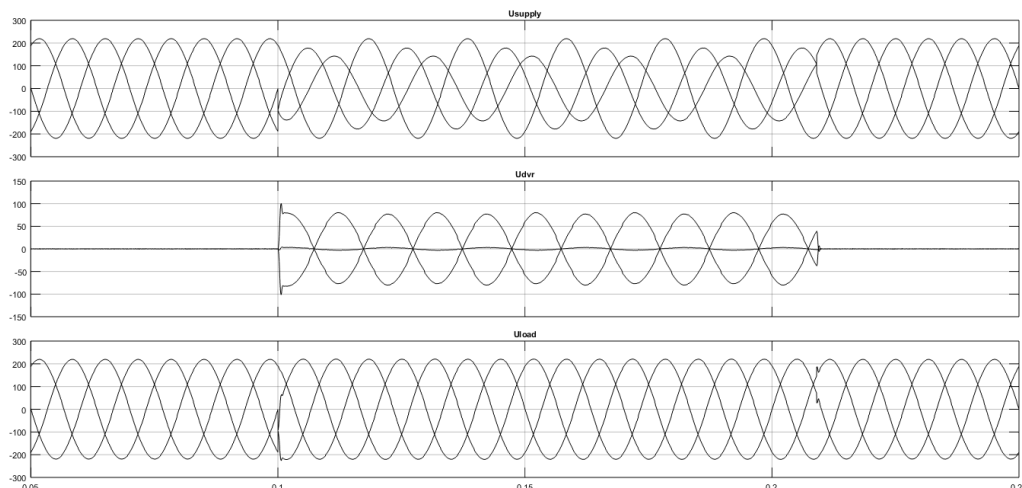
khôi phục, xuất hiện hiện tượng quá điều chỉnh nhẹ tại thời điểm đầu, tuy nhiên bộ điều khiển đã nhanh chóng hiệu chỉnh, đưa điện áp tải trở về trạng thái ổn định, tương đương với mức điện áp trước khi xảy ra sự cố.



Hình 9. Lỗi điện áp 3 pha

Hình 9 minh họa khả năng bù điện áp của hệ thống DVR trong trường hợp xảy ra lỗi điện áp đối xứng do sự cố chạm đất đồng thời ở cả ba pha của lưới điện. So với các trường hợp một pha hoặc hai pha chạm đất, thời gian đáp ứng của

DVR trong tình huống này dài hơn do khối lượng tính toán và điều khiển lớn hơn. Tuy vậy, DVR vẫn có khả năng bù điện áp kịp thời, giúp điện áp tải ổn định và không gây gián đoạn cho phụ tải.



Hình 10. Lỗi điện áp 2 pha chạm nhau

Trong tình huống lỗi điện áp do sự cố hai pha chạm nhau, hệ thống DVR vẫn thực hiện bù điện áp kịp thời cho từng pha một cách độc lập. Dạng sóng thu được cho thấy điện áp tại tải chỉ dao động nhẹ tại thời điểm bắt đầu và kết thúc lỗi, không gây ảnh hưởng quá nhiều đến hoạt động của tải. Điều này cho thấy khả năng đáp ứng và độ chính xác của DVR trong các tình huống mất cân bằng điện áp phức tạp.

4.2. Khảo sát thực tế và đánh giá hiệu quả giải pháp DVR không dùng bộ lưu trữ năng lượng

Trong những năm gần đây, DVR không sử dụng bộ lưu trữ năng lượng đã thu hút sự quan tâm lớn nhờ ưu thế về chi phí và độ tin cậy. Thay vì sử dụng pin hoặc siêu tụ điện, DVR loại này khai thác trực

tiếp năng lượng từ lưới để bù sụt áp.

- Khả năng bù sụt áp: đạt mức 30–50% tùy cấu hình và chiến lược điều khiển (Merchan-Villalba, et al., 2020) (Abuthahir & Periasamy, 2012).

- Khả năng bù quá áp: có thể đạt đến 100% trong trường hợp dùng direct converter (Abuthahir & Periasamy, 2012)

- Chất lượng điện áp ngõ ra: ổn định, đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế IEEE 1159 (Merchan-Villalba, et al., 2020) (Moghassemi & Padmanaban, 2020).

- Chi phí đầu tư: giảm 20–30% do loại bỏ phần tử lưu trữ.

- Chi phí bảo trì: thấp hơn vì không cần thay thế pin/siêu tụ sau 3–5 năm.

- Tuổi thọ hệ thống: cao hơn, không bị giới hạn bởi vòng đời bộ lưu trữ.

Bảng 1. So sánh hiệu quả sử dụng

Tiêu chí	DVR có lưu trữ năng lượng	DVR không dùng lưu trữ năng lượng
Khả năng bù sụt áp	Rộng, kể cả mất điện ngắn hạn	Bù đến ~37% (Matrix Converter) (Merchan-Villalba, et al., 2020); ~50% (Direct Converter) (Abuthahir & Periasamy, 2012)
Khả năng bù quá áp (swell)	Có, phụ thuộc dung lượng lưu trữ	Bù đến 100% (Direct Converter) (Abuthahir & Periasamy, 2012)

Tiêu chí	DVR có lưu trữ năng lượng	DVR không dùng lưu trữ năng lượng
Chất lượng điện áp ngõ ra	Cao, ít phụ thuộc nguồn lưới	Đáp ứng IEEE 1159, ổn định trong điều kiện sụt áp (Merchan-Villalba, et al., 2020), (Moghassemi & Padmanaban, 2020)
Chi phí đầu tư	Cao do pin/siêu tụ	Thấp hơn 20–30% nhờ loại bỏ bộ lưu trữ (Moghassemi & Padmanaban, 2020)
Chi phí bảo trì	Cao (thay pin/siêu tụ sau 3–5 năm)	Thấp, chi bảo trì bộ biến đổi và phần tử công suất (Moghassemi & Padmanaban, 2020)
Tuổi thọ hệ thống	Phụ thuộc vào vòng đời bộ lưu trữ	Ổn định, tuổi thọ cao hơn (Moghassemi & Padmanaban, 2020)
Ứng dụng phù hợp	Trung tâm dữ liệu, hệ thống cần điện liên tục	Công nghiệp nhạy cảm với sụt áp, không yêu cầu duy trì khi mất điện (Moghassemi & Padmanaban, 2020)

4.3. Đóng góp, hạn chế và hướng phát triển

- Đóng góp khoa học: đề xuất mô hình DVR không lưu trữ, khung thiết kế thành phần, mô phỏng minh họa hiệu quả.

- Đóng góp thực tiễn: giảm chi phí đầu tư, tuổi thọ cao, bảo trì đơn giản, phù hợp công nghiệp.

- Hạn chế: mới dừng ở mức mô phỏng, chưa thử nghiệm thực tế.

- Hướng nghiên cứu tiếp theo: triển khai thực nghiệm, tối ưu điều khiển, mở rộng ứng dụng cho nhiều loại sự cố khác.

V. Kết luận

Bài báo đã chứng minh DVR không dùng bộ lưu trữ năng lượng có khả năng bù lỗi điện áp nhanh, chính xác và ổn định, với hiệu quả tương đương DVR truyền thống nhưng chi phí thấp hơn 20–30%. Đây là giải pháp tiềm năng cho các ứng dụng công nghiệp nhạy cảm với sự cố sụt áp.

Tài liệu tham khảo:

[1]. Abuthahir, A. R., & Periasamy, S. (2012). Mitigation of Voltage Sag and Swell Using Dynamic Voltage Restorer

without Energy Storage Devices. *International Review of Electrical Engineering (IREE)* 7(4), 4948–4953.

- [2]. Chính, V. M., Hải, P. Q., & Minh, T. T. (2004). *Điện tử công suất*. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Choi, S. S., Li, B. H., & Vilathgamuwa, D. M. (2002). Design and Analysis of the Inverter-Side Filter Used in the DVR. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 17.
- [4]. Manson, J., & Targosz, R. (2008). *European Power Quality Survey Report*. Leonardo ENERGY.
- [5]. Merchan-Villalba, L. M., Lozano-Garcia, J. M., Avina-Cervantes, J. G., Estrada-Garcia, H. J., Pizano-Martinez, A., & Carreno-Meneses, C. A. (2020). Linearly Decoupled Control of a Dynamic Voltage Restorer without Energy Storage. *Mathematics*, vol. 8, no. 10, 1794.
- [6]. Moghassemi, A., & Padmanaban, S. (2020). Dynamic Voltage Restorer (DVR): A Comprehensive Review of Topologies, Power Converters, Control Methods, and Modified Configurations. *Energies* 13(16), 4152.
- [7]. Nielsen, J., & Blaabjerg, F. (2005). A detailed comparison of system

- topologies for dynamic voltage restorers. *IEEE Transactions on Industry Applications (Volume: 41, Issue: 5)*, 1272–1280.
- [8]. Trinh, T. D., Minh, T. T., Liễn, N. V., & Minh, N. Đ. (2014). Giảm thiểu ảnh hưởng của lờm điện áp trong hệ thống điện công nghiệp bằng bộ khôi phục điện áp động. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Thái Nguyên*, 39 - 46.

DVR SOLUTION WITHOUT ENERGY STORAGE SYSTEM

Dinh Khac Long², Nguyen Manh Hung², Do Phuong Nhung²

Abstract: *This paper focuses on the design and control of a Dynamic Voltage Restorer (DVR) to mitigate the impact of voltage sags on sensitive electrical equipment. Installed in series with the load, the DVR detects voltage sags and injects compensating voltage to ensure an uninterrupted supply. A key feature of this study is the proposed DVR configuration, which operates without energy storage, drawing power directly from the grid through the remaining voltage during faults. This approach reduces cost and device size while maintaining reliable operation. Previous studies indicate that such DVRs can compensate for voltage sags up to 37–50% and reduce investment costs by 20–30% compared to storage-based designs (Merchan-Villalba et al., 2020) (Abuthahir & Periasamy, 2012) (Moghassemi & Padmanaban, 2020). System configuration, parameter selection, and MATLAB/Simulink simulations are presented. The results confirm the DVR's fast, accurate, and stable compensation capability, highlighting both its technical effectiveness and economic advantages for industrial applications.*

Keywords: *dynamic voltage restorer (DVR), power quality, voltage sags, sensitive load protection*

² Hanoi Open University