

# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG THIẾT BỊ TCPAR ĐIỀU KHIỂN DÒNG CÔNG SUẤT ĐỂ HẠN CHẾ QUÁ TẢI TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI 220KV THUỘC HỆ THỐNG ĐIỆN MIỀN BẮC VIỆT NAM

## A STUDY ON THE USE OF TCPAR DEVICE TO CONTROL CAPACITY LINE TO LIMIT OVERLOADING SITUATION ON 220 KV TRANSMISSION LINE OF THE POWER SYSTEM IN NORTHERN VIETNAM

Ngô Văn Dương

Đại học Đà Nẵng; Email: nvduong@ac.udn.vn

**Tóm tắt:** Các đường dây truyền tải điện thuộc hệ thống điện (HTĐ) Việt Nam trải dài khắp đất nước để kết nối các nhà máy điện và các HTĐ khu vực với nhau. Các nhà máy điện và phụ tải tiêu thụ điện của các khu vực khác nhau cho nên trào lưu công suất trong hệ thống thường xuyên thay đổi, kết quả có một số đường dây truyền tải bị quá tải trong chế độ này nhưng lại non tải ở chế độ khác và ở cùng một chế độ vận hành thì có đường dây bị quá tải nhưng đường dây khác lại non tải. Bài báo trình bày kết quả tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐ miền Bắc Việt Nam và đề xuất một số giải pháp khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây truyền tải điện 220kV. Trong đó giải pháp sử dụng thiết bị TCPAR lắp đặt trên đường dây là hiệu quả nhất, cho phép điều khiển linh hoạt dòng công suất truyền tải trên đường dây theo chế độ vận hành, thời gian thi công nhanh hạn chế được thời gian ngừng cung cấp điện.

**Từ khóa:** Đường dây truyền tải; hệ thống điện miền Bắc Việt Nam; nhà máy điện; quá tải; thiết bị TCPAR.

### 1. Đặt vấn đề

Để đáp ứng nhu cầu tiêu thụ điện ngày càng tăng, cùng với sự phát triển hệ thống truyền tải điện 500kV, hệ thống truyền tải 220kV thuộc HTĐ Việt Nam cũng phát triển nhanh chóng cả về chiều dài đường dây và số lượng trạm biến áp (TBA). Theo Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến năm 2030 (Quy hoạch điện VII), giai đoạn 2011-2015 đường dây truyền tải 220kV xây dựng thêm 4.916km trong đó miền Bắc 1.623km, miền Trung 1.719km, miền Nam 1.574km, đưa tổng chiều dài đường dây 220kV lên 13.413km. HTĐ 220kV đảm nhận truyền tải lượng công suất lớn từ đường dây 500kV đến các khu vực, bên cạnh các nhánh hình tia đưa điện đến các hộ phụ tải ở xa, còn hình thành nhiều mạch vòng kín. Công suất cực đại của HTĐ đến năm 2015 là 30.803 MW, công suất cực đại miền Bắc 13.111MW, miền Trung 3.269MW, miền Nam 15.831MW [1]. Qua đó cho thấy đỉnh phụ tải của 3 miền không trùng nhau, cộng với công suất các nguồn phát cũng thường xuyên thay đổi, đặc biệt là các nguồn thủy điện (phụ thuộc lượng nước về), dẫn đến trào lưu công suất trong hệ thống thường xuyên thay đổi. Kết quả là công suất trên các đường dây truyền tải có sự thay đổi lớn theo chế độ vận hành, dẫn đến có một số đường dây truyền tải (thường là đường dây 220kV) bị quá tải trong chế độ này nhưng lại non tải ở chế độ khác và ở cùng một chế độ vận hành thì có đường dây bị quá tải nhưng đường dây khác lại non tải. Đối với các mạch vòng kín, có thể sử

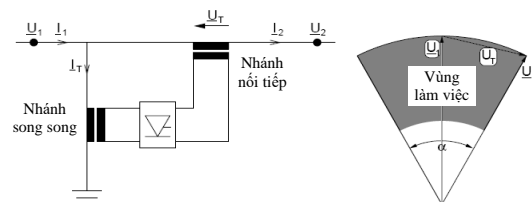
**Abstract:** The network of electric transmission lines of Vietnam Power System is spreading over the country to connect power plants and power systems in different regions together. Due to the different properties of power plants and electric consumption additional charges of different areas, the capacity trend in the system frequently changes and this results in overloading situation in some transmission lines in this mode but underloading in other modes. Besides, in the same mode of operation, some lines are overloaded but others are under-loaded. This paper presents the results of calculation and analyzing in the working modes of the power system in Northern Vietnam and proposes some solutions to fixing the overloading situations on the 220 kV power transmission lines, in which, the use of TCPAR device installed on transmission line is the most efficient solution, which allows flexible control of capacity transmitted on line according to working modes and fast execution time that helps to limit power outage.

**Key words:** Transmission line; the power system in Northern Vietnam; power plan; overloaded; thyristor controlled phase angle regulator

dụng các thiết bị FACT để điều khiển chuyển công suất từ đường dây quá tải sang đường dây non tải. Công suất tác dụng truyền tải trên đường dây  $P = U_1 U_2 / X_{12} \cdot \sin \delta_{12}$  [2], trong trường hợp này thiết bị TCPAR (Thyristor Controlled Phase Angle Regulator) cho phép điều khiển góc truyền tải công suất  $\delta_{12}$  để điều khiển dòng công suất truyền tải trên đường dây.

### 2. Cấu tạo, nguyên lý làm việc và mô hình tính toán của TCPAR

Cấu tạo của thiết bị TCPAR như trên hình 1 gồm 2 nhánh: nhánh song song có MBA điều chỉnh và nhánh nối tiếp có MBA hỗ trợ.

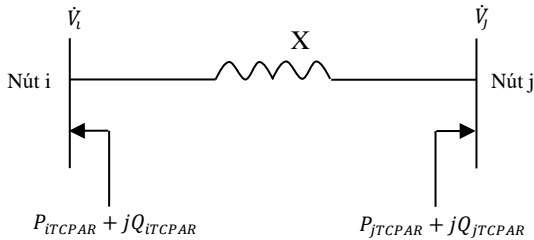


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo

MBA điều chỉnh lấy năng lượng từ hệ thống cung cấp cho bộ điều khiển (thyristor controller) và thông qua MBA hỗ trợ để áp đặt điện áp  $\vec{U}_T$  nối tiếp trên đường dây. TCPAR cho phép điều khiển điện áp  $\vec{U}_T$  để thay đổi góc lệch pha  $\alpha$  giữa 2 điện áp  $\vec{U}_1$  và  $\vec{U}_2$  [3]. Bằng cách điều khiển góc lệch pha của vectơ điện áp cho phép sử dụng TCPAR để điều khiển trào lưu công suất truyền tải trên

đường dây.

Từ nguyên lý làm việc của TCPAR đã xây dựng được mô hình thay thế để tính toán phân tích hệ thống điện khi có lắp đặt TCPAR như hình 2 [4,5].



**Hình 2.** Mô hình tính toán

Trong đó:

$$P_{iTCPAR} = b_{se} V_i V_j [\sin(\delta_i - \delta_j) - \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha)]$$

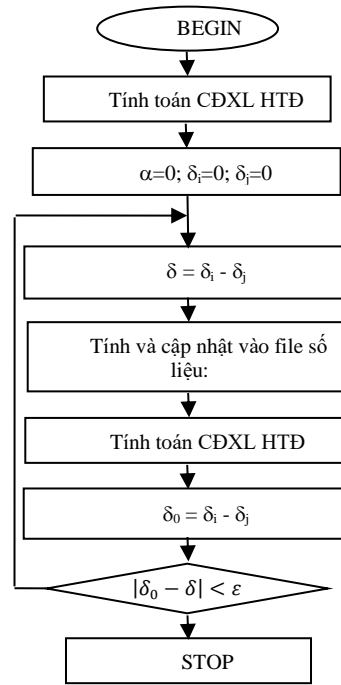
$$P_{jTCPAR} = -b_{se} V_i V_j [\sin(\delta_i - \delta_j) - \sin(\delta_i - \delta_j - \alpha)]$$

$$Q_{iTCPAR} = b_{se} V_i V_j [\cos(\delta_i - \delta_j + \alpha) - \cos(\delta_i - \delta_j)]$$

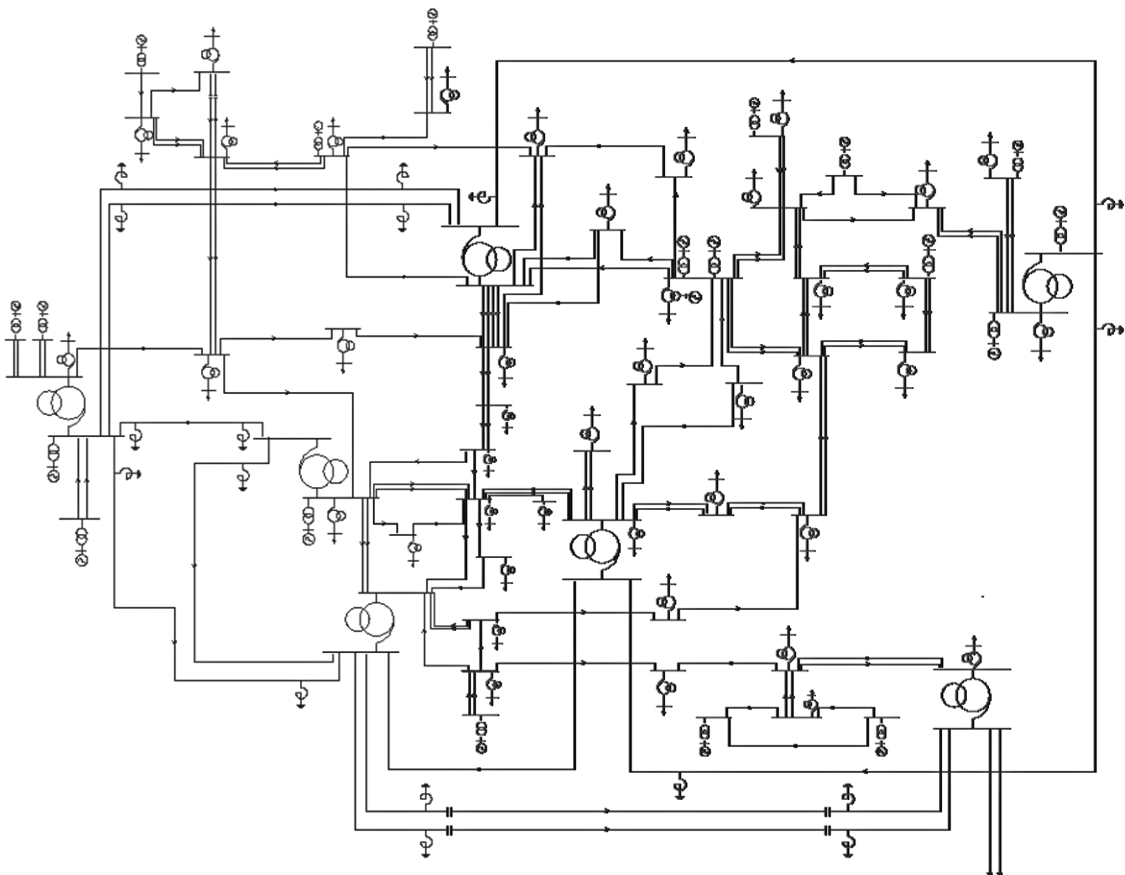
$$Q_{jTCPAR} = -b_{se} V_i V_j [\cos(\delta_i - \delta_j + \alpha) - \cos(\delta_i - \delta_j)]$$

Với  $b_{se} = 1/X_{se}$

Trên cơ sở mô hình tính toán có thể xây dựng sơ đồ thuật toán tính toán phân bố trào lưu công suất trong HTĐ khi có lắp đặt thiết bị TCPAR trên đường dây như hình 3.



**Hình 3.** Sơ đồ thuật toán tính toán



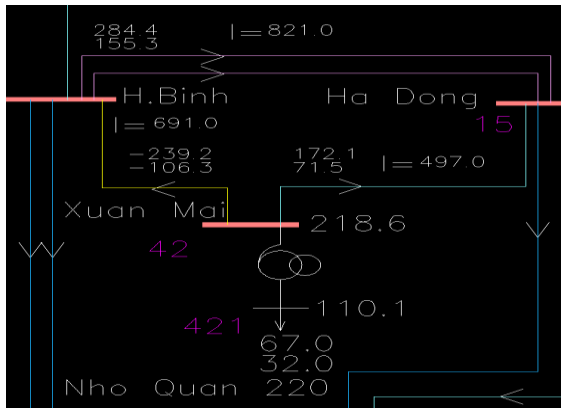
**Hình 4.** Sơ đồ HTĐ miền Bắc Việt Nam

**3. Áp dụng tính toán lắp đặt TCPAR để hạn chế quá tải trên đường dây truyền tải 220kV thuộc Hệ thống điện miền Bắc Việt Nam**

**3.1. Tính toán các chế độ vận hành của Hệ thống điện miền Bắc Việt Nam (HTĐMBVN)**

Số liệu sử dụng tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐMBVN lấy theo tổng sơ đồ VII giai đoạn 2015, sơ đồ hệ thống điện như hình 4[1]. Sử dụng phần mềm CONUS để tính toán, kết quả cho thấy có một số chế độ dẫn đến các đường dây 220kV trong mạch vòng Hòa Bình-Hà Đông-Xuân Mai (HHX) bị quá tải, đó là trường hợp ứng với chế độ cao điểm, công suất truyền vào miền Nam trên đường dây 500kV Hà Tĩnh-Đà Nẵng là 720MW, công suất phụ tải các TBA 220kV từ (50-70)% công suất cực đại, công suất các nhà máy trên 50% công suất định mức. Cụ thể như sau:

**Chế độ 1:** Công suất một số nhà máy và phụ tải trên thanh góp 110kV của các TBA 220kV gần mạch vòng HHX như bảng 1, kết quả dòng điện trên các đường dây như hình 5.



Hình 5. Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 1

Bảng 1. Công suất nguồn, tải và dòng điện chế độ 1

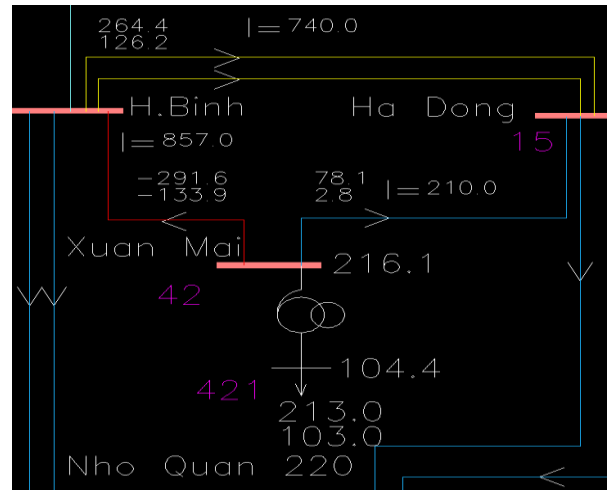
NM Hòa Bình	P[MW]	1.400			
NM Phả Lại	P[MW]	614			
TBA Chèm	P[MW]	337			
	Q[MVar]	163			
TBA Hà Đông	P[MW]	506			
	Q[MVar]	245			
TBA Xuân Mai	P[MW]	67			
	Q[MVar]	32			
Đường dây H.Bình-H.Đông [A]	Đường dây H.Bình-X.Mai [A]	Đường dây X.Mai-H.Đông [A]			
I	I <sub>cp</sub>	I	I <sub>cp</sub>	I	I <sub>cp</sub>
821	810	691	810	497	690

Qua đó cho thấy đường dây 220kV mạch kép Hòa Bình – Hà Đông đang bị quá tải.

**Chế độ 2:** Công suất một số nhà máy và phụ tải của các TBA 220kV gần mạch vòng HHX như bảng 2, kết quả dòng điện trên các đường dây như hình 6.

Bảng 2. Công suất nguồn, tải và dòng điện chế độ 2

NM Hòa Bình	P[MW]	1.400			
NM Phả Lại	P[MW]	373			
TBA Chèm	P[MW]	225			
	Q[MVar]	109			
TBA Hà Đông	P[MW]	337			
	Q[MVar]	163			
TBA Xuân Mai	P[MW]	213			
	Q[MVar]	103			
Đường dây H.Bình-H.Đông [A]	Đường dây H.Bình-X.Mai [A]	Đường dây X.Mai-H.Đông [A]			
I	I <sub>cp</sub>	I	I <sub>cp</sub>	I	I <sub>cp</sub>
740	810	857	810	210	690



Hình 6. Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 2

Qua đó cho thấy đường dây 220kV Hòa Bình – Xuân Mai đang bị quá tải.

**3.2. Các giải pháp hạn chế quá tải trên đường dây truyền tải**

Qua nghiên cứu các giải pháp hạn chế quá tải trên các đường dây truyền tải trong HTĐ [2], để khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây 220kV Hòa Bình-Hà Đông ở chế độ 1 và Hòa Bình-Xuân Mai ở chế độ 2 có thể thực hiện các giải pháp sau:

Một là, điều chỉnh công suất phát của các nhà máy điện để thay đổi trào lưu công suất trong hệ HTĐ: Trong chế độ 1 điều chỉnh giảm công suất phát của nhà máy Hòa Bình xuống 1.200MW và tăng công suất phát của nhà

máy Phá Lại lên 814MW, khi đó dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Hà Đông là 766A và dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Xuân Mai là 651A, như vậy các đường dây đều nằm trong khả năng tải cho phép. Trong chế độ 2 cho Hòa Bình phát 1.000MW và Phá Lại phát 773MW, khi đó dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Hà Đông là 628A và dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Xuân Mai là 779A, như vậy các đường dây đều nằm trong khả năng tải cho phép.

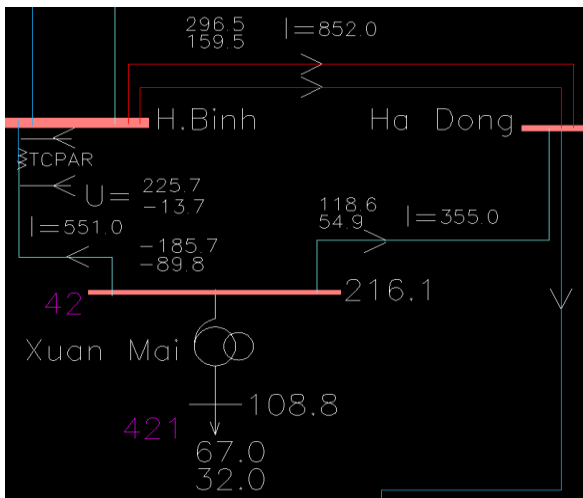
Hai là, thay các đường dây 220kV Hòa Bình-Hà Đông và Hòa Bình-Xuân Mai bằng loại dây dẫn có dòng điện cho phép 950A, khi đó ở cả 2 chế độ dòng điện trên các đường dây đều nằm trong khả năng tải cho phép.

Ba là, sử dụng thiết bị TCPAR lắp đặt trên đường dây Hòa Bình-Xuân Mai để điều khiển trào lưu công suất trong mạch vòng HHX, chuyển công suất từ đường dây quá tải sang đường dây non tải.

**3.3. Tính toán lắp đặt và điều khiển TCPAR để hạn chế quá tải trên đường dây**

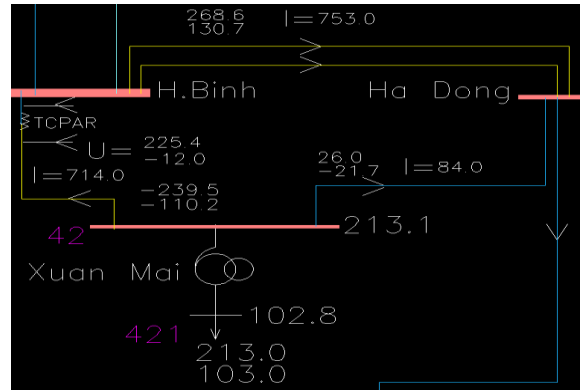
Lắp đặt thiết bị TCPAR có  $X_{se}=10\Omega$  ở đầu đường dây 220kV Hòa Bình-Xuân Mai về phía Hòa Bình như hình 7. Sử dụng phần mềm CONUS và thuật toán hình 3 để tính toán xác định giá trị góc pha  $\alpha$  của TCPAR để điều khiển trào lưu công suất trong mạch vòng HHX nhằm khắc phục tình trạng quá tải trên các đường dây, kết quả như sau:

a. **Chế độ 1:** Ở chế độ này sau khi lắp TCPAR trên đường dây Hòa Bình-Xuân Mai, ứng với giá trị góc pha  $\alpha=0^0$  dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Hà Đông là 852A ( $I_{HH}=852A$ ), dòng điện trên đường dây Hòa Bình-Xuân Mai là 551A ( $I_{HX}=551A$ ), dòng điện trên đường dây Xuân Mai-Hà Đông là 355A ( $I_{XH}=355A$ ) hình 7, đường dây Hòa Bình-Hà Đông đang bị quá tải.



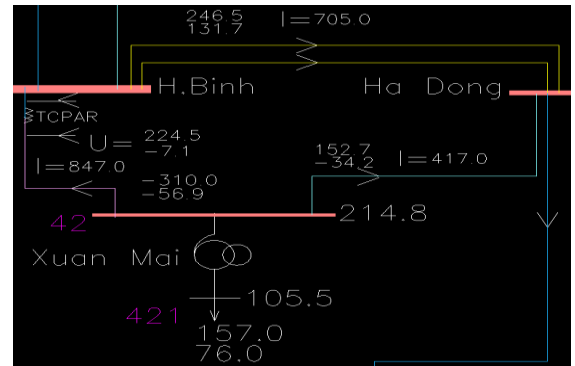
**Hình 7.** Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 1 khi điều khiển TCPAR để  $\alpha=0^0$

Điều khiển TCPAR để góc pha đạt giá trị  $\alpha=-6,5^0$ , khi đó dòng điện trên các đường dây sẽ là  $I_{HH}=808A$ ,  $I_{HX}=797A$ ,  $I_{XH}=606A$  hình 8, như vậy dòng điện trên các đường dây đều nằm trong khả năng tải cho phép.



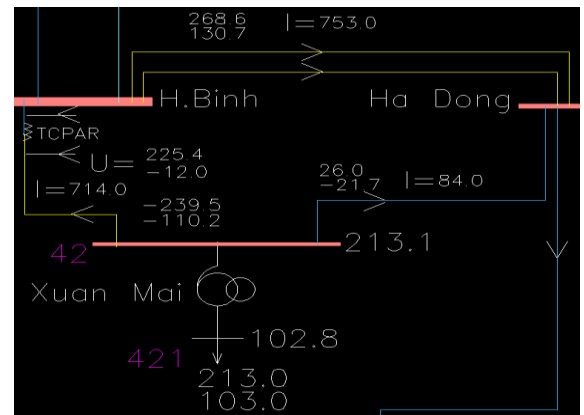
**Hình 8.** Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 1 khi điều khiển TCPAR để  $\alpha=-6,5^0$

b. **Chế độ 2:** Ở chế độ này nếu giữ nguyên giá trị góc pha của TCPAR  $\alpha=-6,5^0$  thì dòng điện trên các đường dây sẽ là  $I_{HH}=705A$ ,  $I_{HX}=847A$ ,  $I_{XH}=417A$  hình 9, đường dây Hòa Bình-Xuân Mai đang bị quá tải.



**Hình 9.** Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 2 khi góc pha của TCPAR  $\alpha=-6,5^0$

Điều khiển TCPAR để góc pha đạt giá trị  $\alpha=-1^0$ , khi đó dòng điện trên các đường dây sẽ là  $I_{HH}=753A$ ,  $I_{HX}=714A$ ,  $I_{XH}=84A$  hình 10, như vậy dòng điện trên các đường dây đều nằm trong khả năng tải cho phép.



**Hình 10.** Trào lưu công suất trên mạch vòng HHX ở chế độ 2 khi điều khiển TCPAR để  $\alpha=-1^0$

**4. Nhận xét**

Hệ thống các đường dây truyền tải điện thuộc HTĐ Việt Nam trải dài khắp đất nước để kết nối các nhà máy

điện và các HTĐ khu vực với nhau. Do tính chất của các nhà máy điện và phụ tải tiêu thụ điện của các khu vực khác nhau cho nên trào lưu công suất trong hệ thống thường xuyên thay đổi, kết quả xuất hiện một số đường dây bị quá tải, cần phải có giải pháp khắc phục.

Giải pháp điều chỉnh công suất phát của các nhà máy điện để điều khiển trào lưu công suất nhằm hạn chế quá tải trên đường dây nhiều trường hợp không thực hiện được. Như đôi với nhà máy thủy điện Hòa Bình đang trong mùa mưa nếu giảm công suất phát thì phải xả tràn dẫn đến lãng phí nước, còn trong mùa khô thì không thể tăng công suất phát được.

Giải pháp cải tạo nâng cấp đường dây một mặt cần thêm vốn đầu tư, mặt khác phải ngừng cung cấp điện trong thời gian thi công dài và nhiều trường hợp do điều kiện thực tế không thể thực hiện được.

Giải pháp sử dụng thiết bị TCPAR lắp đặt trên các đường dây để hạn chế quá tải cho các đường dây truyền tải có nhiều ưu điểm: Cho phép điều khiển linh hoạt dòng công suất truyền tải trên đường dây theo chế độ vận hành, thi công lắp đặt đơn giản, thời gian thi công nhanh hạn chế được thời gian ngừng cung cấp điện.

## 5. Kết luận

Qua phân tích nguyên lý làm việc và mô hình tính toán đã xây dựng được thuật toán tính toán điều khiển góc pha của TCPAR khi lắp đặt trên đường dây. Sử dụng thuật toán kết hợp với phần mềm tính toán chế độ xác lập

HTĐ, cho phép tính toán phân tích các chế độ làm việc của HTĐ khi có lắp đặt TCPAR trên đường dây. Có thể sử dụng thuật toán này để xây dựng thêm modul tính toán lắp đặt và điều khiển TCPAR trong các phần mềm mã nguồn mở.

Qua kết quả tính toán lắp đặt TCPAR để hạn chế quá tải trên đường dây 220kV thuộc HTDDMBVN cho thấy khả năng điều khiển linh hoạt trào lưu công suất theo chế độ vận hành của thiết bị TCPAR. Trong quá trình phát triển HTĐ Việt Nam trong tương lai, khi có xuất hiện quá tải trên các đường dây truyền tải trong các mạch vòng tương tự mạch vòng HHX, nên tính toán sử dụng thiết bị dịch pha để lắp đặt và điều khiển trào lưu công suất hạn chế quá tải cho đường dây.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Viện Năng lượng, Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011-2020 có xét đến năm 2030, 2012.
- [2] Lê Văn Út (2011), Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] A. Kumar, S.C. Srivastava, S.N. Singh (2008), Impact of TCPAR on Cluster - Based Congestion Management Using Improved Performance Index, Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol 7.
- [4] Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi (2000), Understanding FACTS, Concepts of Flexible AC Transmission Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, New York.
- [5] Yong Hua Song, Allan T Johns, (1999), Flexible ac transmission systems (FACTS), The Institution of Electrical Engineers.

(BBT nhận bài: 15/05/2014, phản biện xong: 25/05/2014)