

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**TRẦN THÀNH PHƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU KHẮC PHỤC NHỮNG TỒN TẠI  
TRONG VẬN HÀNH THỦY ĐIỆN NHỎ THƯƠNG ÂN VÀ  
LƯỚI PHÂN PHỐI 35 KV LỘ 371, 372 TỈNH BẮC KẠN**

**Ngành: KỸ THUẬT ĐIỆN**  
**Mã số: 8520201**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC**  
**NGÀNH: KỸ THUẬT ĐIỆN**

**Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. NGÔ ĐỨC MINH**

**Thái Nguyên - 2019**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi là Trần Thành Phương, học viên lớp cao học K20 chuyên ngành Kỹ thuật điện, sau hai năm học tập và nghiên cứu, được sự giúp đỡ của các thầy cô giáo và đặc biệt là thầy giáo hướng dẫn tốt nghiệp PGS.TS. Ngô Đức Minh, tôi đã hoàn thành chương trình học tập và đề tài luận văn tốt nghiệp “Nghiên cứu khắc phục những tồn tại trong vận hành thủy điện nhỏ Thượng Ân và lưới phân phối 35 KV lộ 371, 372 tỉnh Bắc Kạn”.

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân dưới sự hướng dẫn của Thầy giáo PGS.TS. Ngô Đức Minh. Nội dung luận văn chỉ tham khảo và trích dẫn các tài liệu đã được ghi trong danh mục tài liệu tham khảo và không sao chép hay sử dụng bất kỳ tài liệu nào khác.

Thái Nguyên, ngày 02 tháng 04 năm 2019

**Học viên**

**Trần Thành Phương**

## **LỜI CẢM ƠN**

Lời đầu tiên tác giả xin chân thành cảm ơn tới các thầy giáo, cô giáo Phòng Đào tạo, Khoa Điện trường đại học Kỹ thuật Công nghiệp đã giúp đỡ và đóng góp nhiều ý kiến quan trọng cho tác giả để tác giả có thể hoàn thành bản luận văn của mình.

Trong quá trình thực hiện đề tài tôi đã nhận được sự giúp đỡ nhiệt tình của các thầy, cô giáo trong khoa Điện của trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp thuộc ĐH Thái Nguyên và các bạn đồng nghiệp. Đặc biệt là dưới sự hướng dẫn và góp ý của thầy PGS.TS. Ngô Đức Minh đã giúp cho đề tài hoàn thành mang tính khoa học cao. Tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu của các thầy, cô.

Do thời gian, kiến thức, kinh nghiệm và tài liệu tham khảo còn hạn chế nên đề tài khó tránh khỏi những thiếu sót. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo và các bạn đồng nghiệp để tôi tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện hơn nữa trong quá trình công tác sau này.

**Học viên**

**Trần Thành Phương**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, VIẾT TẮT.....	v
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	viii
<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI TỈNH BẮC KẠN .....</b>	<b>4</b>
1.1. Cấu trúc tổng quát của một hệ thống điện quốc gia.....	4
1.1.1. Khối 1 - Các nhà máy điện.....	6
1.1.2. Khối 2 - Hệ thống truyền tải .....	12
1.1.3. Khối 3 - Hệ thống phân phối điện (Electric distribution system) .....	12
1.2. Một số yêu cầu cơ bản đối với hệ thống phân phối điện .....	19
1.3. Đặc điểm lưới điện trung thế bắc cạn và hướng nghiên cứu của đề tài.....	27
1.3.1. Đặc điểm địa giới hành chính tỉnh Bắc Kạn .....	27
1.3.2. Đặc điểm lưới điện trung thế tỉnh Bắc Kạn [7].....	29
1.4. Kết luận chương 1 .....	33
<b>CHƯƠNG 2: CÔNG CỤ TOÁN HỌC VÀ PHẦN MỀM ETAP ÁP DỤNG GIẢI TÍCH LƯỚI ĐIỆN TRUNG THẾ MIỀN NÚI.....</b>	<b>34</b>
2.1. Giới thiệu chung.....	34
2.2. Giải tích lưới điện và các công cụ toán học .....	35
2.2.1. Các biến số và phân loại bus (nút) .....	35
2.2.2. Thuật toán áp dụng giải tích lưới điện .....	35
2.2.3. Giải tích lưới bằng phần mềm ETAP.....	38
2.2.4. Phương pháp Newton-Rapshson.....	38
2.2.5. Phương pháp Adaptive Newton-Rapshson .....	38
2.2.6. Phương pháp Fast-Decoupled .....	39
2.2.7. Phương pháp Accelerated Gauss-Seidel .....	39

2.3. Áp dụng ETAP nghiên cứu tính đặc thù của lưới điện miền núi .....	40
2.3.1. Giới thiệu chung về Etap.....	40
2.3.2. Mô hình hóa mô phỏng lưới điện 35 kV có đặc thù miền núi .....	42
2.4. Thiết bị bù công suất sử dụng năng lượng tái tạo .....	46
2.4.1. Máy phát thủy điện nhỏ.....	46
2.4.2 Máy phát điện turbine gió: .....	49
2.4.3. Mô phỏng tác dụng của thiết bị bù sử dụng năng lượng tái tạo.....	54
2.5. Kết luận chương 2 .....	68
<b>CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU LƯỚI ĐIỆN TRUNG THỂ 35 KV LỘ 371, 372 CÓ</b>	
<b>KẾT NỐI CÁC THỦY ĐIỆN VÀ MÁY PHÁT ĐIỆN TURBINE GIÓ .....</b>	<b>69</b>
3.1. Xây dựng sơ đồ mô phỏng lưới điện.....	69
3.2. Nghiên cứu chế độ vận hành phụ tải cực đại $K_{ptmax}$ .....	70
3.2.1. Chế độ phụ tải cực đại $K_{ptmax}$ – chưa có SHP .....	71
3.2.2. Chế độ phụ tải cực đại – khi có SHP .....	77
3.2.3 Chế độ phụ tải cực đại – khi có kết nối SHP và WTG vận hành phát tối đa công suất thiết kế.....	81
3.2.4. Chế độ phụ tải cực đại – khi có kết nối SHP và WTG vận hành với trạng thái năng lượng sơ cấp không đầy đủ.....	84
3.3. Nghiên cứu chế độ vận hành phụ tải cực tiểu ( $K_{ptmin}$ ) .....	87
3.3.1. Trạng thái $K_{ptmin}$ khi không có các nguồn SHP và WTG .....	88
3.3.2. Trạng thái $K_{ptmin}$ khi các nguồn SHP và WTG phát công suất tối đa ...	91
3.3.3. Trạng thái các SHP và WTG phát công suất hạn chế .....	95
3.4 Kết luận chương 3 .....	97
<b>CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN .....</b>	<b>98</b>
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>100</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>101</b>

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, VIẾT TẮT

<b>Viết tắt</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
OTI	Operation Technology, Inc	
EHV & HV	Extra High Voltage/ High Voltage	Siêu cao áp/cao áp
FACTS	Flexible AC Transmission	Truyền tải điện xoay chiều linh hoạt
HVDC	High Voltage Direct Current Transmission	Truyền tải điện cao áp một chiều
P	Active Power	Công suất tác dụng
Q	Reaction Power	Công suất phản kháng
AC	Alternating Current	Điện xoay chiều
DC	Direct Current	Điện một chiều
SW	Switching	Chuyển mạch (cầu dao)
SHP	Small Hydro Power station	Trạm thủy điện nhỏ
WTG	Wind Turbine Genertor	Máy phát điện turbine gió
DFIG	Doubly Fed Induction Renerator	Máy phát điện nguồn kép

## DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1. Độ biến dạng sóng hài điện áp.....	21
Bảng 1.2. Mức nhấp nháy điện áp.....	22
Bảng 1.3. Dòng ngắn mạch lớn nhất cho phép và thời gian tối đa loại trừ sự cố.....	23
Bảng 1.4. Chế độ nối đất.....	23
Bảng 1.5. Công suất các SHP hiện có tỉnh Bắc Kạn.....	29
Bảng 1.6. Mang tải các tuyến đường dây trung áp .....	30
Bảng 2.1. Kết quả dữ liệu mô phỏng trên đường dây (Line) _ chế độ Kptmax .....	43
Bảng 2.2. Kết quả dữ liệu mô phỏng tại các bus _ chế độ Kptmax .....	44
Bảng 2.3. Kết quả dữ liệu mô phỏng đường dây (Line) _ chế độ Kptmin .....	45
Bảng 2.4. Kết quả dữ liệu mô phỏng tại các bus _ chế độ Kptmin .....	45
Bảng 2.5. Kết quả dữ liệu kết quả mô phỏng trên đường dây _ chế độ Kptmax _ chưa có WTG .....	56
Bảng 2.6. Bảng dữ liệu kết quả mô phỏng tại các bus _ chế độ Kptmax _ chưa có WTG .....	57
Bảng 2.7. Dữ liệu kết quả mô phỏng tổn thất trong toàn mạng:.....	57
Bảng 2.8. Dữ liệu kết quả mô phỏng tổn thất khi vận hành các máy phát thủy điện trong mùa mưa .....	59
Bảng 2.9. Dữ liệu kết quả mô phỏng tổn thất trong mùa khô.....	61
Bảng 2.10. Dữ liệu kết quả mô phỏng tổn thất trên đường dây khi tốc gió khác nhau WTG2(6m/s), WTG3(9m/s).....	63
Bảng 2.11. Dữ liệu kết quả mô phỏng tổn thất lưới khi Kptmax_ gió yếu WTG2 (4m/s), WTG3 (4,5m/s).....	65
Bảng 3.1. Dữ liệu kết quả mô phỏng nguồn Grid110 _ SHP 0% _ WTG 0% .....	73
Bảng 3.2. Dữ liệu kết quả mô phỏng mô phỏng lưới Grid110 _ SHP 0% _ WTG 0% .....	73
Bảng 3.3. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ SHP 0% _ WTG 0% .....	74
Bảng 3.4. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên đường dây (Line) _ kptmax _ SHP 0% _ WTG 0% .....	75
Bảng 3.5. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên các bus _ kptmax _ SHP 0% _ WTG 0%.....	76
Bảng 3.6. Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ kptmax _ SHP100% _ WTG 0% .....	77
Bảng 3.7. Dữ liệu kết quả mô phỏng các hạng mục chính _ kptmax _ SHP 100% _ WTG 0% .....	77

Bảng 3.8. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ Kptmax _ SHP 100% _ WTG 0% .....	78
Bảng 3.9. Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ Kptmax _ SHP 100% _ WTG 100% .....	82
Bảng 3. 10 Dữ liệu kết quả mô phỏng các hạng mục chính _ Kptmax _ SHP 0% _ WTG 0% .....	82
Bảng 3.11. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ Kptmax _ SHP 100% _ WTG 100% .....	83
Bảng 3.12. Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ Kptmax _ SHP 40% _ WTG 40% .....	85
Bảng 3.13. Dữ liệu kết quả mô phỏng các hạng mục chính _ Kptmax _ SHP 40% _ WTG 40% .....	85
Bảng 3.14. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải _ Kptmax _ SHP 40% _ WTG 40% .....	86
Bảng 3. 15 Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ Kptmin _ SHP 0% _ WTG 0% .....	88
Bảng 3. 16. Dữ liệu kết quả mô phỏng các phần tử chính _ Kptmin _ SHP 0% _ WTG 0% .....	89
Bảng 3.17. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ Kptmin _ SHP 0% _ WTG 0% .....	90
Bảng 3.18. Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ Kptmin _ SHP 100% _ WTG 100% .....	91
Bảng 3.19. Dữ liệu kết quả mô phỏng các phần tử chính _ Kptmin _ SHP 100% _ WTG 100% .....	93
Bảng 3.20. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ Kptmin _ SHP 100% _ WTG 100% .....	94
Bảng 3.21. Dữ liệu kết quả mô phỏng cài đặt nguồn _ Kptmin _ SHP 40% _ WTG 40% .....	95
Bảng 3. 22 Dữ liệu kết quả mô phỏng các hạng mục chính _ Kptmin _ SHP 40% _ WTG 40% .....	95
Bảng 3.23. Dữ liệu kết quả mô phỏng trên tải (Load) _ Kptmin _ SHP 40% _ WTG 40% .....	96



## DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Mô hình cấu trúc hệ thống điện hoàn chỉnh.....	4
Hình 1.2. Sơ đồ một sợi hệ thống điện.....	5
Hình 1.3. Cấu trúc cơ bản của một hệ thống điện.....	5
Hình 1.4. Mô hình cấu trúc cơ bản của một nhà máy điện ngưng hơi.....	6
Hình 1.5. Mô hình cơ bản của một nhà máy điện nguyên tử.....	7
Hình 1.6. Mô hình cơ bản của một nhà máy điện mặt trời .....	8
Hình 1.7. Mô hình cơ bản của một trạm thủy điện nhỏ kiểu đập .....	9
Hình 1.8. Mô hình khai thác thủy điện nhỏ .....	10
Hình 1.9. Mô hình nhà máy điện pin mặt trời.....	10
Hình 1.10. Mô hình nguồn phát điện turbine gió.....	11
Hình 1.11. Sơ đồ nguyên lý một sợi hệ thống điện phân phối.....	13
Hình 1.12. Mô hình hệ thống phân phối điện và các dạng phụ tải điển hình .....	19
Hình 1.13. Bản đồ hành chính tỉnh Bắc Kạn .....	28
Hình 2.1. Các cửa sổ chính .....	40
Hình 2.2. Các chức năng tính toán .....	41
Hình 2.3. Các phần tử AC .....	41
Hình 2.4. Các thiết bị đo lường, bảo vệ .....	41
Hình 2.5. Mô hình nghiên cứu tương tự đặc trưng lưới điện 35 kV miền núi.....	42
Hình 2.6. Kết quả mô phỏng chế độ Kptmax.....	43
Hình 2.7. Kết quả mô phỏng chế độ Kptmin .....	44
Hình 2.8. Mô hình các giải pháp bù công nghệ mới .....	46
Hình 2.9. Nguyên lý chung điều chỉnh công suất máy phát thủy điện .....	47
Hình 2.10. Đồ thị hướng dẫn chọn điểm vận hành máy phát điện trong Etap.....	48
Hình 2.11. Cửa sổ cài đặt máy phát thủy điện .....	48
Hình 2.12a,b. Cấu trúc điển hình của tổ hợp turbine sức gió .....	49
Hình 2.13a,b. Mô hình cấu trúc WTG kiểu DFIG (Type4) .....	50
Hình 2.14. Mô hình cấu trúc DFIG và hệ điều khiển DVC - NSVM .....	51
Hình 2.15. Mô hình điều khiển véc tơ DVC phương pháp NSVM .....	51

Hình 2.16. Khả năng đáp ứng công suất nhanh của DFIG – DVC-NSVM .....	52
Hình 2.17. Đặc tính phát công suất tác dụng của DFIG .....	52
Hình 2.18a,b,c. Các mô hình khai thác tổ hợp DFIG.....	53
Hình 2.19. Chọn chế độ máy phát turbine gió .....	53
Hình 2.20. Mô hình nghiên cứu tương tự có bổ sung trạm bù WTG.....	55
Hình 2.21. Mô phỏng hoạt động lưới điện giờ cao điểm $K_{ptmax}$ .....	56
Hình 2.22. Trạng thái vận hành thủy điện trong mùa mưa .....	58
Hình 2.23. Cài đặt chế độ máy phát thủy điện vận hành trong mùa mưa.....	59
Hình 2.24. Trạng thái vận hành thủy điện trong mùa khô hạn .....	60
Hình 2.25. Điều chỉnh thông số vận hành các máy phát thủy điện trong mùa khô .....	60
Hình 2.26. Bảng các thông số điều chỉnh máy phát WTG2 (6m/s)và WTG3 (9m/s).....	62
Hình 2.27. Kết quả mô phỏng khi trạng thái gió khác nhau WTG2(6m/s), WTG3(9m/s) .....	63
Hình 2.28. Cài đặt các thông số điều chỉnh máy phát WTG2(4m/s), WTG3(4,5m/s) .....	64
Hình 2.29. Mô phỏng trạng thái lưới khi $K_{ptmax}$ _ gió yếu WTG2(4m/s),_ WTG3 (4,5m/s) .....	65
Hình 2.30. Trạng thái lưới điện khi $K_{ptmin} = 30\%$ _ không có WTG.....	66
Hình 2.31. Mô phỏng quá áp khi $K_{ptmin}$ _gió mạnh WTG2 (9m/s), WTG3 (9m/s).....	67
Hình 2.32. Mô phỏng trạng thái lưới $K_{ptmin}$ _ WTG hấp thu công suất Q để điều chỉnh giảm điện áp.....	67
Hình 3.1. Sơ đồ một sợi lưới điện trung thế Bắc Kạn lộ 371 và lộ 372.....	69
Hình 3.2. Sơ đồ mô phỏng bằng ETAP lưới điện chế độ $K_{ptmax}$ .....	71
Hình 3. 3a,b,c. Mô phỏng lưới chế độ $K_{ptmax}$ – chưa có SHP và WTG.....	72
Hình 3.4. Cài đặt thông số turbine gió .....	80
Hình 3.5. Đặc tính WTG .....	80
Hình 3.6. Mô tả vị trí các trạm WTG.....	81
Hình 3.7. Mô hình lưới điện trạng thái $K_{ptmin}$ .....	88
Hình 3.8. Hình ảnh đại diện các SHP phát điện.....	92
Hình 3.9. Hình ảnh đại diện các WTG phát điệnHình ảnh đại diện các WTG phát điện.....	92