

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

**LÊ TRẦN TUẤN**

**NGHIÊN CỨU BÙ HỆ SỐ CÔNG SUẤT  
ĐỂ CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG  
CỦA MẠNG ĐIỆN CẤP CHO THÀNH PHỐ LẠNG SƠN**

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

**THÁI NGUYÊN - 2020**

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

**LÊ TRẦN TUẤN**

**NGHIÊN CỨU BÙ HỆ SỐ CÔNG SUẤT  
ĐỂ CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỆN NĂNG  
CỦA MẠNG ĐIỆN CẤP CHO THÀNH PHỐ LẠNG SƠN**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điện**

**Mã ngành: 8520201**

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

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:  
PGS.TS. Trần Xuân Minh**

**THÁI NGUYÊN - 2020**

**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**

**Độc lập – Tự do – Hạnh phúc**

---

## **BẢN XÁC NHẬN CHỈNH SỬA LUẬN VĂN THẠC SĨ**

Họ và tên tác giả luận văn : Lê Trần Tuấn

Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Trần Xuân Minh

Đề tài luận văn: **Nghiên cứu bù hệ số công suất để cải thiện chất lượng điện năng cấp cho thành phố Lạng Sơn.**

Ngành: Kỹ thuật điện

Mã ngành: 8.52.02.01

Tác giả, Người hướng dẫn khoa học và Chủ tịch Hội đồng chấm luận văn xác nhận tác giả đã sửa chữa, bổ sung luận văn theo biên bản họp Hội đồng ngày 4/10/2020 với các nội dung sau:

Đã sửa một số lỗi chính tả, soạn thảo trong luận văn.

Đã chỉnh sửa phần kết luận chung của luận văn.

*Thái Nguyên, ngày 15 tháng 10 năm 2020*

**Người hướng dẫn khoa học**

**Tác giả luận văn**

**PGS.TS. Trần Xuân Minh**

**Lê Trần Tuấn**

**CHỦ TỊCH HỘI ĐỒNG**

**PGS.TS. Võ Quang Lạp**

## LỜI CAM ĐOAN

Họ và tên: Lê Trần Tuấn

Học viên: Lớp cao học K21, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.

Nơi công tác: Xí nghiệp dịch vụ điện lực Lạng Sơn

Tên đề tài luận văn thạc sĩ: “*Nghiên cứu bù hệ số công suất để cải thiện chất lượng điện năng cấp cho thành phố Lạng Sơn*”.

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện

Tôi xin cam đoan những vấn đề được trình bày trong bản luận văn này là những nghiên cứu của riêng cá nhân tôi, dưới sự hướng dẫn của PGS.TS. Trần Xuân Minh và sự giúp đỡ của các cán bộ Khoa Điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công Nghiệp - Đại học Thái Nguyên. Mọi thông tin trích dẫn trong luận văn này đã được ghi rõ nguồn gốc.

Tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về những số liệu trong luận văn này.

*Thái Nguyên, ngày tháng 8 năm 2020*

**Học viên thực hiện**

**Lê Trần Tuấn**

## LỜI CẢM ƠN

Trong suốt thời gian nghiên cứu thực hiện luận văn này tôi luôn nhận được sự hướng dẫn, chỉ bảo tận tình của PGS.TS. Trần Xuân Minh, người trực tiếp hướng dẫn luận văn cho tôi. Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới thầy.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy cô giáo, cán bộ, viên chức trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên đã tạo điều kiện tốt nhất để tôi có thể hoàn thành đề tài nghiên cứu này. Tôi cũng xin chân thành cảm ơn những đóng góp quý báu của các bạn cùng lớp đồng viên và giúp đỡ tôi trong quá trình thực hiện đề tài. Xin gửi lời chân thành cảm ơn đến các cơ quan xí nghiệp đã giúp tôi khảo sát tìm hiểu thực tế và lấy số liệu phục vụ cho luận văn.

Cuối cùng, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới gia đình, đồng nghiệp và bạn bè đã luôn đồng viên, khích lệ, chia sẻ khó khăn cùng tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu hoàn thiện luận văn này.

*Thái Nguyên, ngày tháng 8 năm 2020*

**Học viên**

**Lê Trần Tuấn**

## MỤC LỤC

|   |           |
|---|-----------|
| <b>MỞ ĐẦU</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN LƯỚI ĐIỆN VÀ TÌNH HÌNH TIÊU THỤ ĐIỆN THÀNH PHỐ LẠNG SƠN</b> .....            | <b>3</b>  |
| <b>1.1. Giới thiệu chung về lưới điện Thành phố Lạng Sơn</b> .....                                  | <b>3</b>  |
| 1.1.1. Đặc điểm tự nhiên .....  | 3         |
| 1.1.2. Đặc điểm kinh tế xã hội .....  | 3         |
| 1.1.3. Đặc điểm lưới điện.....  | 4         |
| <b>1.2. Các lộ đường dây trung thế cấp điện và đồ thị phụ tải điển hình</b> .....                   | <b>6</b>  |
| 1.2.1. Xuất tuyến 471E13.2 .....  | 6         |
| 1.2.2. Xuất tuyến 472E13.2 .....  | 7         |
| 1.2.3. Xuất tuyến 473E13.2 .....  | 7         |
| 1.2.4. Xuất tuyến 474E13.2 .....  | 8         |
| 1.2.5. Xuất tuyến 375E13.2 .....  | 9         |
| <b>1.3. Kết quả thực hiện chỉ tiêu tổn thất</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>1.4. Số liệu các trạm biến áp (tháng 12/2019)</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>1.5. Sơ đồ nguyên lý các lộ đường dây trung thế</b> .....  | <b>23</b> |
| <i>Kết luận chương 1</i> .....  | <b>28</b> |
| <b>CHƯƠNG 2: CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ VÀ GIẢI PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP CỦA MẠNG ĐIỆN</b> ..... | <b>29</b> |
| <b>2.1. Các chỉ tiêu chất lượng điện áp nguồn cung cấp</b> .....                                    | <b>29</b> |
| 2.1.1. Độ lệch điện áp .....  | 29        |
| 2.1.2. Độ dao động điện áp .....  | 30        |
| 2.1.3. Độ không sin của điện áp.....  | 31        |
| 2.1.4. Độ đối xứng của điện áp .....  | 31        |
| <b>2.2. Các phương pháp đánh giá chất lượng điện áp</b> .....                                       | <b>32</b> |
| 2.2.1. Đánh giá chất lượng điện áp theo độ lệch điện áp .....                                       | 32        |
| 2.2.2. Đánh giá độ đối xứng của điện áp .....   | 38        |
| 2.2.3. Đánh giá mức độ hình sin .....   | 40        |
| <b>2.3. Các biện pháp nâng cao chất lượng điện áp</b> .....   | <b>40</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.1. Các biện pháp chung.....  | 40        |
| 2.3.2. Nâng cao chất lượng điện áp bằng điều chỉnh điện áp .....                                     | 42        |
| 2.3.3. Các biện pháp nâng cao chất lượng điện áp .....   | 47        |
| <b>Kết luận chương 2.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>CHƯƠNG 3: LỰA CHỌN HỆ THỐNG BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG MẠNG ĐIỆN CẤP CHO THÀNH PHỐ LẠNG SƠN.....</b> | <b>51</b> |
| <b>3.1. Các phương pháp bù công suất phản kháng để nâng cao hệ số công suất truyền thống.....</b>    | <b>51</b> |
| 3.1.1. Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ tự nhiên.....  | 51        |
| 3.1.2. Phương pháp nâng cao hệ số $\cos\varphi$ nhân tạo .....                                       | 53        |
| <b>3.2. Phương pháp sử dụng các thiết bị bù trong FACTS .....</b>                                    | <b>57</b> |
| 3.2.1. Nhóm mắc nối tiếp.....  | 57        |
| 3.2.2. Nhóm mắc song song.....   | 58        |
| <b>3.3. Vị trí đặt thiết bị bù .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>3.4. Xác định dung lượng bù .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>3.5. Đề xuất phương pháp bù CSPK cải thiện chất lượng điện năng .....</b>                         | <b>63</b> |
| <b>Kết luận chương 3.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG DSVC .....</b>                     | <b>65</b> |
| <b>4.1. Bù công suất phản kháng sử dụng cấu trúc FC-TCR .....</b>                                    | <b>65</b> |
| <b>4.2. Bù công suất phản kháng sử dụng cấu trúc đề xuất DSVC.....</b>                               | <b>66</b> |
| 4.2.1. Phương pháp bù CSPK sử dụng các chuyển mạch cơ khí (DVC).....                                 | 66        |
| 4.2.2. Phương pháp bù CSPK sử dụng thyristor (SVC) .....   | 67        |
| 4.2.3. Phương pháp bù lai DSVC.....  | 68        |
| <b>4.3. Thiết kế điều khiển hệ thống bù công suất phản kháng DSVC.....</b>                           | <b>69</b> |
| 4.3.1. Mô hình hóa hệ thống bù công suất phản kháng FC-TCR .....                                     | 69        |
| 4.3.2. Tính toán giá trị tụ bù cố định FC.....   | 70        |
| 4.3.3. Tính toán giá trị điện cảm (L) tại nhánh TCR .....  | 71        |
| 4.3.4. Mối liên hệ giữa điện cảm ở nhánh TCR, góc điều khiển BBD, và việc bù CSPK .....              | 72        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.5. Thiết kế bộ điều khiển PID theo phương pháp Ziegler-Nichols..... | 73        |
| <b>4.4. Mô phỏng hệ thống trên phần mềm Matlab/Simulink.....</b>        | <b>76</b> |
| 4.4.1. Sơ đồ mô phỏng.....  | 76        |
| 4.4.2. Kết quả mô phỏng.....  | 79        |
| <i>Kết luận chương 4.....</i>   | <b>81</b> |
| <b>KẾT LUẬN.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>KIẾN NGHỊ.....</b>   | <b>82</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>  | <b>83</b> |



## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

| Chữ viết tắt | Thuật ngữ đầy đủ                                     | Chú thích   |
|--------------|--|---|
| Cosφ         | Hệ số công suất                                      |   |
| CSPK         | Công suất phản kháng                                 |   |
| CSTD         | Công suất tác dụng                                   |   |
| DSVC         | Dynamic - Static Var<br>Compensation                 |   |
| E13.2        | Ký hiệu chỉ trạm 110kV Lạng Sơn                      |   |
| FACTS        | Flexible alternating current<br>transmission systems | Hệ thống truyền tải điện xoay<br>chiều linh hoạt        |
| FC           | Fixed Capacitor                                      | Tụ điện cố định   |
| FC-TCR       | Fixed Capacitor - Thyristor<br>controller Reactor    | Cấu trúc của bộ bù điều khiển<br>bằng thyristor         |
| MBA          | Máy biến điện áp                                     |   |
| PF           | Power factor   | Hệ số công suất   |
| PID          | Bộ điều khiển  |   |
| SSSC         | Static Synchronous Series<br>Controllars             | Cấu trúc của bộ bù tĩnh đồng bộ<br>nối tiếp             |
| SVC          | Static Var Compensation                              | Bù công suất kiểu tĩnh                                  |
| STATCOM      | Static Synchronous Compensator                       | Bộ bù đồng bộ tĩnh mắc song song                        |
| TCR          | Thyristor Controller Reactor                         |   |
| TCSC         | Thyristor Controlled Series<br>Compensation          | Bộ bù bằng tụ mắc nối tiếp điều<br>khiển bằng thyristor |
| TSC          | Thyristor Switched Capacitor                         |   |
| Var          | Volt-ampere reactive                                 | Đơn vị công suất phản kháng                             |
| W hoặc kW    | Watt hoặc Kilowatt                                   | Đơn vị công suất tác dụng                               |

## DANH MỤC CÁC BẢNG

|   |    |
|---|----|
| Bảng 1.1: Khối lượng quản lý vận hành.....  | 5  |
| Bảng 1.2: Kết quả thực hiện chỉ tiêu tổn thất.....  | 10 |
| Bảng 1.3: Số liệu các trạm biến áp (tháng 12/2019) .....                                    | 11 |
| Bảng 1.4: Một số trạm biến áp phụ tải công nghiệp hệ số $\cos\varphi$ thấp gây tổn thất cao | 22 |
| Bảng 2.1: Độ lệch điện áp cho phép ở chế độ làm việc bình thường.....                       | 30 |
| Bảng 4.1: Các tham số PID theo phương pháp Ziegler-Nichols thứ nhất.....                    | 73 |
| Bảng 4.2: Các tham số PID theo phương pháp Ziegler-Nichols thứ 2.....                       | 74 |