МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

**ЖАРСЬКИЙ ТАРАС ОЛЕГОВИЧ**

УДК 621.311 : 681.3

**ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ**

**ВУЗЛОВОЇ ГПП 110/35/10 кВ «МИКУЛИНЦІ»**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

Роботу виконано на кафедрі систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя міністерства освіти і науки України.

**Керівник роботи:** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці

**Євтух Петро Сильвестрович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри світлотехніки та електротехніки

**Мовчан Леонід Тимофійович**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 22 лютого 2018 року о 1400 годині на засіданні екзаменаційної комісії №36 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46018, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус №7, ауд. 310.

**ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ**

**Актуальність теми.** В електричних мережах повинен зберігатися баланс у виробленні і споживанні активної і реактивної потужності. При відключенні потужних споживачів чи при різких змінах навантаження в електричних мережах цей баланс порушується, що може призвести до різких змін напруги в енергосистемах. Ця проблема спричинена обмеженою пропускною здатністю перетинів вузлів за умови статичної стійкості режимів роботи електричних мереж. Мова йде про стійкість за напругою. Стійкість за напругою - це здатність енергосистеми підтримувати стійкі та прийнятні рівні напруги на всіх системах шин як в нормальних, так і в післяаварійних та ремонтних режимах. Порушення стійкості за напругою призводить до виникнення «лавини» напруги, що може призвести до великих системних аварій. Тому особливу увагу для національної енергосистеми потрібно приділити питанням, які пов’язані з аналізом статичної стійкості за напругою.

Дослідження стійкості за напругою дозволяє визначати найбільш критичні системи шин електромережі та виявляти фактори, що можуть призводити до порушення стійкості в цих ділянках. Тому, отримані на етапі планування режимів запаси стійкості за напругою та допустимі перетоки через вузлові перетини потребують оперативного уточнення в режимі «on-line». За таких обставин автоматизований контроль за наявними резервами з реактивної потужності для забезпечення стабільної роботи енергосистеми є невід’ємною частиною роботи диспетчерських служб.

Таким чином, підвищення технологічної стійкості понижувальної підстанції живлення району електромережі з використанням міжнародно визнаних критеріїв стійкості електромереж різної конфігурації є актуальною технічною, науковою та енергозберігаючою проблемою.

**Мета і завдання дослідження.** Основною метою дипломної роботи є підвищення технологічної стійкості понижувальної підстанції (ПС) на основі проведених аналізів статичної стійкості системи електропостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проведення аналізу різних методів визначення стійкості за напругою, на основі чого буде вибрано найефективніший метод аналізу;

- провести розрахунки усталених режимів району електропостачання, які будуть використані при визначенні статичної стійкості ПС;

- за методом стійкості за напругою провести статичний аналіз ПС і побудувати модель технологічної стійкості ГПП 110/35/10 кВ «Микулинці»;

- провести розрахунки короткого замикання на шинах високої і середньої напруги підстанції для вибору комутаційного обладнання.

**Об’єкт дослідження** - процес аналізу технологічної стійкості району електропостачання вузлової ГПП 110/35/10 кВ «Микулинці».

**Предмет дослідження** -підвищення надійностіелектропостачання району електромережі, що живиться від вузлової ГПП 110/35/10 кВ «Микулинці».

**Наукова новизна отриманих результатів.**

- Знайшло подальший розвиток застосування методів дослідження технологічної стійкості районів електропостачання порівняно невеликої потужності.

**Практичне значення отриманих результатів**.

Впровадження результатів досліджень технологічної стійкості району електропостачання дозволить підвищити надійність функціонування електромережі.

**Апробація.** Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на VІ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (16–17 листопада 2017 року) на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 123 сторінки, 22 таблиці, 17 рисунків.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність роботи, мету і завдання роботи, об’єкт і предмет дослідження, описано наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

**У першому розділі «Аналітична частина»** проведено стислий аналіз району електропостачання понижувальної підстанції 110/35/10 кВ «Микулинці» потужністю 20 МВ∙А.

Проведено аналіз устаткування трансформаторної підстанції та стану комутаційного обладнання.

Розглянуто переваги елегазових і вакуумних вимикачів над оливними.

Проведено аналіз потужності режимів навантажень і ефективності завантаження ГПП «Микулинці».

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** розглянуто поняття статичної стійкості за напругою і її класифікацію.

Проаналізовано різні методи визначення стійкості за напругою, їхні переваги і недоліки. Були розглянуті такі методи аналізу:

- метод Q-U кривих, який вказує залежність зміни напруги до зміни реактивної потужності;

- метод Р-U кривих для аналізу рівнів напруги по відношенню до зростання активної потужності в перетині;

- метод U-Q чутливості, який вказує наскільки напруга є чутливою до зміни реактивної потужності.

На основі проведеного аналізу вибрано метод *Q-U* кривих для аналізу рівнів напруги відносно реактивної потужності на сиcтемах шин. Даний метод дозволяє детально досліджувати та аналізувати режими роботи ПС.

За вибраним методом *Q-U* кривих було проведено аналіз статичної стійкості ПС «Микулинці». За розрахунками усталених режимів побудовано графіки залежності *Q-U* величин на ПС. На основі цих графіків визначено значення критичних напруг в розглядуваних режимах роботи електричної мережі і визначені коефіцієнти запасу статичної стійкості по напрузі. Обчислені коефіцієнти відповідають нормативним значенням коефіцієнтів запасу стійкості з напруги.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** здійснено вибір високовольтних вимикачів на стороні 110 кВ. Проведений техніко–економічний розрахунок з врахуванням технічних характеристик дав можливість замість оливних вимикачів встановити елегазові.

Здійснено вибір високовольтних вимикачів на стороні 35 кВ. Оливні вимикачі внаслідок закінчення терміну придатності були замінені на вакуумні. Такі вимикачі є більш надійними при комутаціях електричних мереж, пожежобезпечними в експлуатації та дешевшими по собівартості, а також простими в технічному обслуговуванні. Вакуумні вимикачі зменшують втрати електроенергії при функціонуванні та мають підвищений термін експлуатації.

Проведено заміну високовольтних роз’єднувачів на стороні 110/35 кВ у зв’язку з тим, що у багатьох з них їх комплектуючі після тривалого строку експлуатації відпрацювали свій ресурс.

Проведено вибір вимірювальних трансформаторів струму і трансформаторів напруги на стороні 110/35 кВ.

Проведена реконструкція із заміною силових гнучких шин трансформаторів підстанції на стороні напруг 110/35 кВ.

Для забезпечення довготривалої, надійної та пожежобезпечної експлуатації розподільчого пристрою 10 кВ проведена заміна оливного трансформатора власних потреб на сухий.

Проведений вибір запобіжників та автоматичних вимикачів на стороні 10 кВ на більш надійні та сучасні.

Обмежувачі перенапруги на стороні 10 кВ вибрані з полімерною ізоляцією як більш надійні, атмосферостійкі та економічно ефективніші.

Вище згадані заходи проводилися для підвищення надійності понижувальної ПС «Микулинці».

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** розраховано струми коротких замикань на шинах 110, 35 і 10 кВ. Розрахункові дані враховувалися при виборі комутаційного обладнання.

Здійснено розрахунок штучного заземлення та блискавкозахисту ГПП 110/35/10 «Микулинці».

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** були проведені аналіз і розрахунки оптимальних режимів навантажень району електропостачання ПС «Микулинці». На основі цих даних визначались максимальні коливання напруги і потужності при різних режимах роботи підстанції. Дані результати враховувалися при визначенні статичної стійкості ПС «Микулинці».

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено оцінку ефективності заміни оливних вимикачів на елегазові. При порівнянні отриманих результатів можна зробити висновок, що елегазові вимикачі є економічно вигіднішими, ніж оливні.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**» розглянуто питання дії електричного струму на організм людини та запропоновані заходи щодо зниження небезпеки ураження працівників.

Запропоновані заходи першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом.

Розглянуто питання щодо застосування технічних засобів електробезпеки на об’єктах енергетики.

**У восьмому розділі «Екологія»** проведено аналіз екологічних проблем, пов’язаних з передаванням електричної енергії лініями електропередачі на далекі відстані.

Розглянуто проблему щодо електромагнітного забруднення довкілля і запропоновано заходи його зменшення.

**ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі проведений аналіз технологічної стійкості ПС «Микулинці» за показниками стійкості за напругою. На основі проведеного аналізу запропоновані заходи щодо підвищення стійкості досліджуваного району електропостачання.

Отримані такі результати:

1. Проведено аналіз стану комутаційного устаткування понижувальної ПС «Микулинці». На основі отриманих даних вирішено провести заміну високовольтних вимикачів і роз’єднувачів.
2. Здійснено аналіз технологічної стійкості понижувальної підстанції за показниками стійкості за напругою. За отриманими даними визначено, що підстанція відповідає вимогам стійкості за напругою.
3. Виконано розрахунки струмів короткого замикання, які враховувалися при виборі комутаційного обладнання.
4. Проведено розрахунок захисного заземлення і системи блискавкозахисту підстанції.

5. Виконано розрахунки усталених режимів схем району електропостачання. На основі цих даних проводився аналіз статичної стійкості підстанції.

1. Проведено розрахунки щодо економічної ефективності заміни оливних вимикачів на елегазові.

**Перелік посилань.**

1. Євтух П. С. Дослідження технологічної стійкості району електромережі вузлової підстанції 110/35/10 кВ / П. С. Євтух, О. О. Вакуленко, Т. О. Жарський // Матеріали VI МНТК молодих учених та студентів ТНТУ (16–17 листопада 2017 р., Тернопіль) : Зб. тез доп. Т. ІІІ. – Тернопіль, 2017. – С. 103–104.

**АНОТАЦІЯ**

Жарський Т. О. Підвищення технологічної стійкості вузлової ГПП 110/35/10 кВ «Микулинці», 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра систем електроспоживання та комп’ютерних технологій в електроенергетиці, група ЕЕм-61. – Тернопіль : ТНТУ, 2018.

У дипломній роботі проведено аналіз технологічної стійкості вузлової ГПП 110/35/10 “Микулинці”, на основі чого запропоновано заходи щодо підвищення надійності та ефективності функціонування підстанції.

Проаналізовані методи визначення статичної стійкості за напругою.

За вибраним методом для аналізу рівнів напруги відносно реактивної потужності проаналізовано статичну стійкість підстанції і побудовано математичну модель її стійкості за напругою.

Проведено заміну комутаційного обладнання з метою підвищення надійності електропостачання.

Виконано розрахунки струмів короткого замикання кіл навантажень 110/35/10 кВ, на основі яких здійснено вибір захисного обладнання.

Проведено розрахунки усталених режимів схеми потокорозподілу району електропостачання, які враховувалися при аналізі статичної стійкості підстанції.

**Ключові слова:** понижувальна підстанція, електрична мережа, технологічна стійкість, надійність, комутаційне обладнання, статична стійкість,

реактивна потужність.

**ANNOTATION**

**Zharskyі T. O. Increasing technological stability of the nodal main downgrading substation 110/35/10 kV "Mikulintsi"**, 141 - electric power engineering, electrical engineering and electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering. Chair of Systems of Power Consumption and Computer Technologies in Еlectric Power industry, group ЕЕm-61. - Ternopil : TNTU, 2018.

In the thesis work the analysis of technological stability of the nodal GPP 110/35/10 "Mikulinci" has been carried out, on the basis of which measures are proposed to increase the reliability and efficiency of the operation of the substation.

The methods of determination of static voltage stability are analyzed.

The chosen method for analyzing voltage levels relative to reactive power has analyzed the static stability of the substation and constructed a mathematical model of its voltage stability.

The replacement of switching equipment was carried out in order to increase the reliability of electricity supply.

The calculations of the established modes of the flow distribution scheme of the district of power supply were taken into account, which were taken into account in the analysis of the static stability of the substation.

Calculation of currents of short circuits of circuits of loadings of 110/35/10 kV, on the basis of which the choice of protective equipment was made.

**Key words:** down substation, electrical network, technological stability, reliability, switching equipment, static stability, reactive power.