

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ,
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

***ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ТА
ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ,
МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА
ОПТИМІЗАЦІЇ***

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

XI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ УЧЕНИХ І СПЕЦІАЛІСТІВ
09-11 КВІТНЯ 2013 РОКУ

м. Кременчук, КрНУ, 2013

Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації.
Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-технічної конференції молодих
учених і спеціалістів у місті Кременчук 09-11 квітня 2013 р. – Кременчук, КрНУ, 2013. –
386 с.

ISSN 2079-5106

Науковий редактор

Чорний О.П., д.т.н., проф., директор Інституту електромеханіки енергозбереження і систем
управління.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бялобржеський О.В., к.т.н., доц.;

Гладир А.І., к.т.н., доц.;

Калінов А.П., к.т.н., доц.;

Коренькова Т.В., к.т.н., доц.;

Мамчур Д.Г., к.т.н., доц.;

Огар В.О., к.т.н., доц.;

Перекрест А.І., к.т.н., доц.;

Прус В.В., к.т.н., доц.;

Родькін Д.Й., д.т.н., проф.;

Ромашихін Ю.В., к.т.н., асист.;

Чорний О.П., д.т.н., проф.

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на XI Міжнародній науково-
технічній конференції молодих учених і спеціалістів «Електромеханічні та енергетичні
системи, методи моделювання та оптимізації», яка організована та проведена Інститутом
електромеханіки, енергозбереження і систем управління Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського. Збірник призначено для студентів, магістрів,
аспірантів, здобувачів наукового ступеню, молодих науковців, фахівців з електротехніки,
електромеханіки та автоматизації технологічних процесів та виробництв.

Представлено результати досліджень та розробок молодих учених із провідних технічних
вузів та наукових закладів України (Кременчук, Донецьк, Вінниця, Кривий Ріг, Київ, Харків,
Запоріжжя, Маріуполь, Дніпродзержинськ, Львів, Одеса, Тернопіль, Суми, Краматорськ,
Комсомольськ, Кіровоград, Рівне), країн Чехії, Республіки Білорусії, Словаччини, Марокко,
Польщі, Казахстану у напрямках: електромеханічні системи, моделювання та оптимізація,
діагностика електромеханічних систем та енергоресурсозбереження; енергетика та
енергетичні системи; автоматизація; електричні машини та апарати; інновації в освіті та
виробництві, проблеми вищої школи; комп'ютерні технології в освіті та виробництві,
лабораторне обладнання.

Затверджено вченою радою Кременчуцького національного університету імені Михайла
Остроградського (протокол №5 від 28.03.2013 р.)

Редакційна рада:

Руденко М.А., Свистун А.В., Мосюндз Д.А. – технічні редактори.

© Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

© Інститут електромеханіки, енергозбереження і систем управління, 2013 р.

ISSN 2079-5106

Адреса редакції: 39600, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Інститут електромеханіки, енергозбереження і систем управління.
Телефон: (05366) 3-11-47. E-mail: esmo@kdu.edu.ua

ЗМІСТ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДГРІВУ ВОДИ У ПРОТОЧНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРАХ <i>Гудь В.М., Мельник В.С., Труш В.А.</i>	194
ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НОРМАЛЬНИМИ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З ВРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ І РЕГУЛЮВАННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ ТРАНСФОРМАТОРІВ <i>Рубаненко О.О., Рубаненко І.О.</i>	196
АНАЛІЗ СТРУКТУР ТА РЕЖИМІВ СУЧАСНИХ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ <i>Бондаренко Ю.О., Серета Д.С.</i>	198
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРИФАЗНОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРОКОМПЕНСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ <i>Качалка В.Ю., Слободенюк Д.В.</i>	200
РОЗРОБКА НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОСТАЧАВАННЯ ХОЛОДНОЇ І ГАРЯЧОЇ ВОДИ У МЕРЕЖАХ МІСТА <i>Євтух П.С., Липницький В.В.</i>	202
ПЕРСПЕКТИВИ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН <i>Орынбаев С.А., Бекбаев А.Б., Туманов И.Е., Кейкимаanova М.Т.</i>	204
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ З КОРОТКОЗАМКНЕНИМ РОТОРОМ У СКЛАДІ ВІТРОЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ <i>Бойко С.М., Щербак М.А., Дяченко В.С.</i>	206
COMPARISON OF IDENTIFICATION SYSTEMS OF EQUATIONS OBTAINED WITH CLASSICAL METHODS AND USING ENERGY METHOD <i>Kolesnyk V.N., Mozumdz D.</i>	208
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРИВОЙ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ <i>Алексеева Ю.А., Коренькова Т.В., Сердюк А.А.</i>	210
О ПЕРСПЕКТИВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ <i>Волжан М.Н.</i>	212
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СИСТЕМ ОТДАЛЕННЫХ ЗДАНИЙ <i>Книжник Е.Н., Масливец А.В.</i>	214
ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ З АСИНХРОННИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ <i>Котилко І.В., Сахно А.М.</i>	216
АНАЛІЗ МОЖЛИВОГО РІВНЯ РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ БЕЗПЕРЕРВНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ ВИРОБНИЦТВА <i>Лісний М.І., Курись Л.В.</i>	218
О ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ <i>Шевченко В.В., Минко А.Н.</i>	220
АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ НА НАКОПИЧУВАЛЬНИЙ КОНДЕНСАТОР <i>Шитунова І.В.</i>	222
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МИТТЄВОЇ ПОТУЖНОСТІ ПРИ АНАЛІЗІ ЕНЕРГОПРОЦЕСІВ У ТРИФАЗНІЙ СИСТЕМІ <i>Шнуренко Є.А., Ромашихін Ю.В.</i>	224
АВТОМАТИЗАЦІЯ	
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ПАЛИВА ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ <i>Лециук О.Ю., Зубенко Д.І., Гладир А.І.</i>	226
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРЕВЕНТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РУДНИЧНОГО ЭЛЕКТРОВОЗОСОСТАВА <i>Скана Е.И.</i>	228

**ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ НОРМАЛЬНИМИ РЕЖИМАМИ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З ВРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ І РЕГУЛЮВАННЯ ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ
ТРАНСФОРМАТОРІВ**

О. О. Рубаненко, к.т.н., І. О. Рубаненко, студ.

Вінницький національний технічний університет

Кмельницьке шосе 95, Вінниця, 21021, Україна, e-mail: lena_rubanenko@bk.ru

Вступ. Оптимальне керування нормальними режимами (НР) електроенергетичних систем (ЕЕС) може здійснюватись за допомогою трансформаторів з РПН (регулюванням під навантаженням). В ЕЕС силовий трансформатор є одним з важливих елементів, від якого залежить надійність електропостачання та ефективність керуючих впливів на ЕЕС [1, 2] з метою забезпечення якості електроенергії, енергозбереження та зменшення впливу енергетичного обладнання на екологію. Відмова силового трансформатора під час його роботи може призвести до аварії в енергосистемі з широкомасштабними наслідками. Тому зараз в енергетичній галузі підвищена увага приділяється надійності роботи енергосистем, в тому числі і трансформаторів. Відомо, що в наш час швидко зростає частка устаткування, яке відпрацювало нормативний термін служби. У багатьох промислово розвинених країнах світу, у тому числі і в Україні, до 2010 р. частка такого устаткування перевищила розрахунковий термін експлуатації. Це стосується силових трансформаторів (СТ) і в тому числі їх високовольтних ввідів (ВВ). Це визначає необхідність продовження терміну роботоздатності обладнання, підвищення економічності, підтримки надійності роботи енергосистеми в цілому, а також врахування технічного стану трансформаторів з РПН при оптимальному керуванні нормальними режимами ЕЕС. За таких умов актуальною постає задача вдосконалення методів та засобів інформаційного забезпечення процесу автоматизованого керування режимами шляхом врахування технічного стану кожного, працюючого в ЕЕС, трансформатора та його впливу на надійність і якість роботи ЕЕС в темпі процесу керування режимами, що сприятиме швидкому впровадженню SMART Grid технологій.

Мета роботи. Вдосконалення методу оптимального керування параметрами нормальних режимів шляхом врахування технічного стану трансформаторів з РПН.

Матеріал і результати дослідження. Завдання оптимального керування потоками потужності в ЕЕС полягає в тому, щоб підтримувати значення цільової функції F (яка відповідає мінімуму загальносистемних втрат активної потужності) у заданій зоні нечутливості пристроїв керування режимами ЕЕС (РПН трансформаторів) δF . Для цього при виході з цієї зони здійснюються керуючі дії за допомогою регульованих трансформаторів, а також джерел реактивної потужності. Для підвищення ефективності керування потоками потужності в ЕЕС з метою зменшення втрат потужності необхідно виявляти реальні можливості трансформаторів з РПН, оцінюючи чутливість втрат потужності до змін коефіцієнтів трансформації. Для підвищення ефективності використання трансформаторів з РПН в ЕЕС, при формуванні керуючих дій, необхідно також враховувати їх залишковий ресурс, що залежить від поточного технічного стану РПН [3]. В задачі оптимізації режимів ЕЕС пропонуємо використовувати такий критерій оптимальності:

$$F = \Delta P + P(\delta U) + P(\varpi) + \sum_{i=1}^q A_{Ti} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де ΔP – сумарні втрати активної потужності в ЕЕС; $P(\delta U)$ – потужність, еквівалентна збитковій споживачів через неоптимальність якості напруги; $P(\varpi)$ – потужність, еквівалентна збитковій внаслідок недовідпуску електроенергії, який викликаний відмовами трансформаторів, зокрема відмовами пристроїв РПН та високовольтними вводами; A_{Ti} – функція, що вводиться для врахування залишкового ресурсу трансформаторів та вартості перемикачів з огляду на наближення терміну капітального ремонту; q – кількість трансформаторів,

які мають РПН. Так для i -того трансформатора [4]: $A_i = B_{\text{кат.рем},i} / (B_{\text{ел.емп}} T_{\text{рем},i})$, де $B_{\text{кат.рем}} = \sum_{\gamma=1}^{\nu} [(1 - k_{\text{рес},\gamma}) \cdot B_{\gamma}]$;

$k_{\text{рес},\gamma}$ – коефіцієнт залишкового ресурсу γ -го вузла трансформатора, ν – порядковий номер вузла, ν – кількість контрольованих вузлів трансформатора, $B_{\text{кат.рем}}$ – прогнозована вартість ремонту γ -вузла, $B_{\text{ел.емп}}$ – вартість транспортування 1 кВт·год, $T_{\text{рем}}$ – час капітального ремонту i -того трансформатора, B_{γ} – вартість ремонту γ -вузла трансформатора (високовольтного вводу, РПН).

Час капітального ремонту ($T_{\text{рем}}$) i -того трансформатора та вартість (B_{γ}) ремонту γ вузла трансформатора, під час роботи, залежить від їх технічного стану і тому є прогнозованою величиною, яку пропонуємо знаходити з використанням методів нейронечіткого моделювання.

Для врахування залишкового ресурсу СТ і їх впливу на втрати потужності запропоновано використовувати коефіцієнт ефективності використання трансформатора з РПН для підтримання оптимального режиму роботи ЕЕС. Він розраховується за виразом [3]:

$$k_{\text{ефект.}} = (a_1 + a_2) k_{\text{рес1}} k_{\text{рес}n} k_{\text{рес}4000} a_3 k_{\text{впливу}m1}, \quad (2)$$

коефіцієнт залишкового ресурсу по параметру накопиченого комутованого струму визначають за формулою: $k_{ресл} = (I_{зал.} - n \cdot I_{ком}) / I_{насп.}$; залишковий струм комутації, який визначають за формулою: $I_{зал.} = I_{насп.} - I_{мак.}$; а коефіцієнт ресурсу по параметру кількості перемикачів, визначається за формулою:

$$k_{ресn} = \frac{n_{зал.} - n}{n_{насп.}} \quad (3)$$

Коефіцієнт залишкового ресурсу високовольтного вводу $k_{ресввод}$ по i -му діагностичному параметру (опір ізоляції, механічна міцність та інші діагностичні параметри, приклади пошкодження наведені на рис. 1) [4, 5]:

$k_{iI} = \frac{x_{iI,гран} - x_{iI,ном}}{x_{iI,гран} - x_{iI,поч}}$; $x_{iI,гран}$ – граничне нормативне значення i_j -го діагностичного параметра, $x_{iI,ном}$ – значення i_j -го діагностичного параметра на момент контролю, $x_{iI,поч}$ – початкове значення i_j -го діагностичного параметра (на момент введення в експлуатацію нового обладнання або після ремонту), i_j – діагностичний параметр.

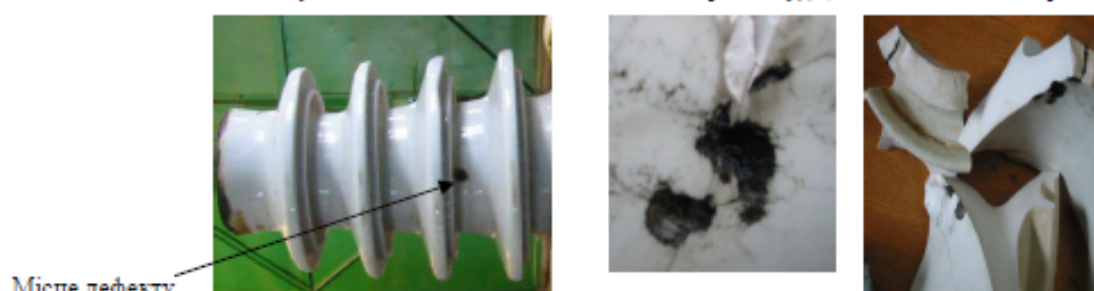


Рисунок 1 – Фото місця дефекту високовольтного вводу

Коефіцієнт впливу РПН i -того трансформатора на загальносистемні втрати ($k_{впливу n, i}$) знаходиться за виразом: $k_{впливу n, i} = (\Delta P_{техн, i} - \Delta P_{опт, i}) / \Delta P_{техн, i}$; де: $\Delta P_{техн, i}$ – загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок невикористання перемикачів РПН i -того трансформатора, $\Delta P_{опт, i}$ – загальносистемні втрати потужності в лініях електропередач внаслідок використання РПН i -того трансформатора з метою встановлення оптимального положення РПН з урахуванням обмежень за напругою у вузлах, за струмами у вітках, та за крайніми положеннями РПН. Вагові коефіцієнти, які визначають за виразами: $a_1 = B_1 / B_{сум}$, $a_2 = B_2 / B_{сум}$, $a_3 = B_3 / B_{сум}$, вартість понаднормованих технічних втрат потужності, яку визначають за виразом: $B_3 = (\Delta P_{пот} - \Delta P_{норм}) \cdot C$, сумарну вартість, яку визначають за виразом: $B_{сум} = B_1 + B_2 + B_3$, де B_1 – вартість втраченої електричної енергії в результаті роботи по ремонтній схемі, B_2 – вартість ремонту РПН трансформатора у разі його пошкодження при оперативних перемикачах; n – кількість потрібних перемикачів для досягнення оптимального режиму; $\Delta P_{опт}$ – оптимальна величина втрат активної потужності; $\Delta P_{вистопт}$ – значення втрат активної потужності при відмові від перемикачів даним трансформатором; $I_{зал.}$ – залишковий струм комутації; $I_{ком}$ – струм, який комутує РПН трансформатора при одному перемикачній; $I_{насп.}$ – номінальний струм, який може комутувати РПН трансформатора за паспортними даними; $I_{мак.}$ – накопичений комутований струм; $\Delta P_{норм}$ – нормативне значення технічних втрат активної потужності; $\Delta P_{пот}$ – поточне значення втрат активної потужності; C – вартість електроенергії; t – тривалість періоду між перемикачними.

Висновки. Вдосконалено метод оптимального керування НР ЕЕС, який при визначенні керуючих впливів враховує значення коефіцієнту ефективності використання трансформатора з РПН, що дозволяє визначити той трансформатор, яким доцільніше змінити коефіцієнт трансформації для зменшення загальносистемних втрат активної потужності за умови безаварійної експлуатації трансформаторів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лежнюк П.Д. Методи оптимізації в електроенергетиці. Критеріальний метод: навч. посібник / П.Д. Лежнюк, С.В. Бевз. – Вінниця: ВДТУ, 1999. – 177 с.
2. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // ISSN 1607-7970. Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
3. Пат. 76464 Україна, МПК8 H02J3/24. Спосіб оптимального керування режимами роботи електроенергетичної системи / Лежнюк П.Д., Лесько В.О., Рубаненко О.О., Рубаненко І.О.; заявник і патентотримувач Вінницький національний технічний університет; – заявл. 14.05.12; опубл. 10.01.13. Бюл. № 1, 2013.
4. Технологія ремонту і експлуатації високовольтних вводів та їх конструктивні особливості / Гуменюк О.І., Рубаненко О.Є., Остапчук О.М., Шаповалов Ю.О. – К.: ДП НТУКЦ Укренерго, 2012. – 552 с.
5. Рубаненко О.Є., Гуменюк О.І. Високовольтні вводи. Конструкція, експлуатація, діагностика і ремонт // Вінниця: ВНТУ, 2011. – 183 с.

