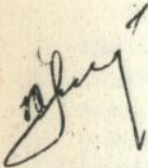


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ

На правах рукопису



КРАСІНСЬКИЙ ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ 10 кВ  
НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИСТРОЇВ ЗІ СПРОЩЕНИМИ  
КОМУТАЦІЙНИМИ АПАРАТАМИ З ЛІНІЙНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Спеціальність: 05.14.02 - Електричні станції (електрична частина),  
мережі, електроенергетичні системи і управління ними

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ - 1995

021. 81  
Дисертацію в рукописі

ЛНБ України ім. В. Стефаника

Робота виконана в Інституті електродинаміки НАН України  
електромеханічних перетворювачів



00761619 (U)

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор  
Кравченко Адольф Микитович

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор  
Зорін Владлен Володимирович;

- доктор технічних наук  
Тисленко Віктор Васильович

Провідна установа - Львівський державний університет "Львівська  
політехніка", МО України, м. Львів

Захист відбудеться "27" 12 1995 р. о 11 год. на  
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.98.04 в Інституті  
електродинаміки НАН України за адресою: 252680, Київ-57, проспект  
Перемоги, 56. Тел. 446-91-15.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інституту електродинаміки НАН України.

Автореферат розіслано "20" 11 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
доктор технічних наук, проф.

Титко О.І.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Титко О.І.

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність та ступінь дослідження тематики дисертації. В результаті екстенсивного розвитку електричних мереж України рівень їх надійності не відповідає вимогам споживачів електроенергії і залишається нижчим від рівня, досягнутого в розвинених країнах. В першу чергу це стосується розподільчих електромереж (РЕ) сільсько-господарського призначення (РЕСП).

Вирішення задач підвищення надійності електропостачання в умовах переходу України до ринкових відносин проходить при різкому скороченні централізованих капіталовкладень в будівництво нових і реконструкцію діючих РЕСП, зміні механізму ціноутворення, реструктуризації енергогосподарства. Тому в сучасних умовах вибір економічних і ефективних засобів забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів має принципове, вирішальне значення.

Одним із найефективніших шляхів розв'язання цієї задачі є оснащення РЕ відповідним електрообладнанням. Проте стан технічної комплектації електромереж таким обладнанням явно недостатній, а комутаційні апарати (КА), що випускаються промисловістю України для РЕ, мають конструктивні недоліки і не забезпечують роботу цих мереж в автоматизованому режимі. Крім того, відсутні ефективні схеми РЕ, які повинні забезпечувати такий режим роботи, залишаються неузгодженими параметри КА з реальним навантаженням споживачів, потребують розробки науково обгрунтованих алгоритмів функціонування електричних мереж, особливо в аварійних ситуаціях, а для реалізації цих алгоритмів повинні бути створені відповідні КА та пристрої автоматики.

В дисертації представлені основні результати аналізу і розвитку способів підвищення надійності і економічності роботи РЕ на основі використання розподільчих пристроїв (РП) з спрощеними КА в комплексі з пристроями автоматизації, проблемами яких автор займався на протязі останніх 15 років.

Робота виконувалась у відповідності з програмою Державного комітету по науці і техніці при Раді Міністрів СРСР по рішення науково-технічної проблеми 0.51.21.01 "Розробити та впровадити методи, системи та автоматизовані пристрої для забезпечення надійного, високоякісного та економічного електропостачання сільськогосподарських споживачів" на 1986-1990 рр, а також у відповідності з галузевими планами науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт Міненерго України на 1993-1995 рр.

Предмет та об'єкт дослідження. Методи дослідження. В дисертації досліджуються РЕ 10 кВ з РП, в яких запропоновано використовувати КА з лінійним електроприводом. Дослідження проводились на діючих моделях РЕ, спеціальних стендах, макетах, а також на дослідних та промислових зразках КА з використанням класичних методів і положень аналізу електричних кіл стосовно до електричних мереж, методів техніки високих напруг, математичної статистики та елементів теорії ймовірностей, математичного моделювання фізичних процесів.

Мета та основні завдання наукового дослідження. В роботі виконано аналіз недоліків побудови РЕ 10 кВ, виконаних по традиційним схемам, з точки зору можливості керування ними; обґрунтовано спосіб оцінки надійності електропостачання споживачів з урахуванням впливу КА, встановлених в таких мережах; обґрунтовано доцільність побудови найбільш ефективного варіанту РЕСП 10 кВ з так званим каскадним (по ходу енергії) принципом керування спрощеними КА; визначено і обґрунтовано на основі цього принципу технічні вимоги до вимикачів навантаження (ВН) з лінійним електроприводом і пристроями автоматики та релеяного захисту; обґрунтовано та розроблено нові ефективні конструкції КА з лінійними електроприводами; розроблено математичні моделі процесу дугогасіння в газогенеруючій камері та обґрунтовано концепцію її конструктивного рішення для ВН 10 кВ.

Наукова новизна досліджень. На основі аналізу сучасного стану РЕ 10 кВ запропоновано ефективні моделі і методи їх побудови, які дозволяють на стадії прийняття рішень по їх розвитку та розбудові і по ефективному використанню в них електрообладнання спрогнозувати необхідні рівні надійності і економічності електропостачання сільськогосподарських споживачів. Для електромереж з ізольованою нейтраллю вперше розроблено КА з пофазним управлінням контактною системою при допомозі лінійних електроприводів. Для забезпечення автоматизованого режиму роботи РЕСП 10 кВ при мінімальних затратах вперше обґрунтовано схеми таких мереж з застосуванням в них спрощених КА з лінійними електроприводами. Обґрунтовано доцільність застосування і виконано розробку конструкції лінійного електроприводу для дистанційного управління роз'єднувачами 110 і 150 кВ.

Теоретична і практична цінність результатів роботи полягає в розробці методології підвищення ефективності роботи електромереж 10 кВ на основі використання РП з спрощеними КА. Автором розроблені науково-технічні основи проектування нових конструкцій таких КА з лінійним електроприводом. При безпосередній участі автора роз-

роблено, досліджено та передано до серійного виробництва на заводах України кілька зразків таких КА (ВН 10 кВ, пристрій АШФ, роз'єднувачі 110 і 150 кВ з дистанційним приводом з лінійним електродвигуном та ін.).

На захист виносяться такі наукові результати, в розробку яких автор вніс найбільший особистий внесок:

- спрощені способи оцінки часу відновлення електропостачання споживачів та обґрунтування впливу на рівень надійності електропостачання КА і пристроїв управління, встановлених в РЕ 10 кВ;

- використання КА, в яких доцільним є застосування лінійних електроприводів, в РЕ;

- схеми РЕ 10 кВ з застосуванням РЕ з спрощеними КА з лінійним електроприводом;

- одновимірна математична модель процесу дугогасіння в газогенеруючій камері, визначення її параметрів при конструюванні КА.

Рівень реалізації результатів досліджень. Результати роботи використано в нових типових проектах РЕ для РЕ 10 кВ. Зокрема, виконано розробку конструкторської документації на РЕ з спрощеними КА з лінійним електроприводом, на роз'єднувачі 110 і 150 кВ з дистанційним приводом з лінійним електродвигуном, на пристрій автоматичного шунтування фази (АШФ). Результати роботи реалізовані в дослідно-конструкторських роботах і виготовлених зразках, які пройшли випробування на стендах ВІТ (м.Запоріжжя), проводиться підготовка до їх серійного виробництва на Рівненському і Запорізькому заводах високовольтної апаратури.

Апробація результатів наукових досліджень. Матеріали дисертації доповідались автором і були схвалені на восьми конференціях, нарадах і семінарах, в т.ч. на науково-технічній раді УНВО "Енергопрогрес" (Київ, 1994р.), на науковому семінарі в Інституті електродинаміки НАН України (Київ, 1993-1995 рр.), на семінарі країн СНД "Шляхи підвищення ефективності роботи РЕСП" (Москва, 1995р.).

Публікація результатів досліджень. По темі дисертації опубліковано 20 робіт, у тому числі 10 статей, 6 доповідей і тез доповідей на конференціях, нарадах і семінарах. Приоритет технічних рішень захищено 4 авторськими свідоцтвами на винаходи.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти глав, заключення, списку використаних джерел (68 найменувань), поданих на 151 машинописній сторінці, та двох додатків, викладених на 14 сторінках; 32 рисунки, 6 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі до дисертації обгрунтовано актуальність тематики, сформульовано мету та основні завдання наукового дослідження, коротко викладено основні результати виконаних досліджень.

Перша глава присвячена аналізу сучасного стану РЕСП України, пошуку більш ефективних схем їх побудови, порівнянню надійності функціонування основних елементів таких мереж, рівню надійності електропостачання споживачів в розвинених країнах Заходу і в Україні, розробці основних напрямків підвищення ефективності РЕСП України. Обгрунтовано спосіб кількісної оцінки надійності електропостачання споживачів з врахуванням впливу встановлених в електромережах КА. Виконано аналіз аварійності РЕСП 10 кВ з ізолюваною нейтраллю, який має місце при однофазних пошкодженнях ПЛ 10 кВ, і на основі цього аналізу розроблено спосіб усунення цих пошкоджень шляхом використання запропонованої і розробленої автором нової конструкції пристрою автоматичного шунтування фази (АШФ).

Порівняння показників надійності основних елементів РЕСП України з зарубіжними показало, що їх пошкоджуваність в 2-7 разів вища, ніж зарубіжних; значно вищою (в 3-5 разів) є також середня тривалість простою сільгоспспоживачів України. З метою визначення конкретних напрямків підвищення ефективності роботи РЕСП України автор виконав кількісну оцінку надійності електропостачання споживачів, в основу якої було покладено величину очікуваного невідпуску електроенергії споживачам  $\Delta WС$ , викликаного відмовами в РЕСП протягом року. При цьому величина  $\Delta WС$  визначається через частоту  $\omega$  відмов в РЕСП елементів електромережі та час  $\tau$  відновлення електропостачання споживача.

Як приклад визначення такої кількісної оцінки надійності на рис.1 наведено три варіанти схем РЕСП, для яких виконана така оцінка (а - схема без секціонуючих КА; б - з секціонувачами роз'єднувачами; в - з секціонувачими апаратами і резервним живленням). Умовні позначення на схемах: ДЖ - джерело живлення; ГВ - головний вимикач; С - споживач; Р - роз'єднувач; довжини ділянок ПЛ 10 кВ (км) позначено цифрами; під позначкою споживача вказано його потужність (кВт).

Для всіх споживачів по схемі рис.1 пошкодження на будь-якій ділянці веде до відключення ГВ і припинення живлення споживачів на час усунення пошкоджень і вилучення ділянки в роботу. При цьому невідпущок електроенергії для споживачів  $C_1$  по варіантах

схем а, б та в рис.1 визначаються відповідно по формулах:

$$\Delta W_{C1} - P_{C1} \omega_{C1} \tau_{C1};$$

$$\Delta W_{C1} - P_{C1} \omega_{C1} \text{пл}10 \left[ L_{0-1} \tau_D + (L_{1-2} + L_{1-3} + L_{3-4} + L_{3-5}) \tau_{C0} \right];$$

$$\Delta W_{C1} - P_{C1} \omega_{C1} \text{пл}10 \cdot L_E \tau_C,$$

в яких позначено:  $P_{C1}$  - навантаження споживача  $C_1$ ;  $\omega_{C1}, \tau_{C1}$  - частота відмов та час відновлення електропостачання цього споживача;  $\tau_C$  - час відновлення електропостачання споживачів, який може мати

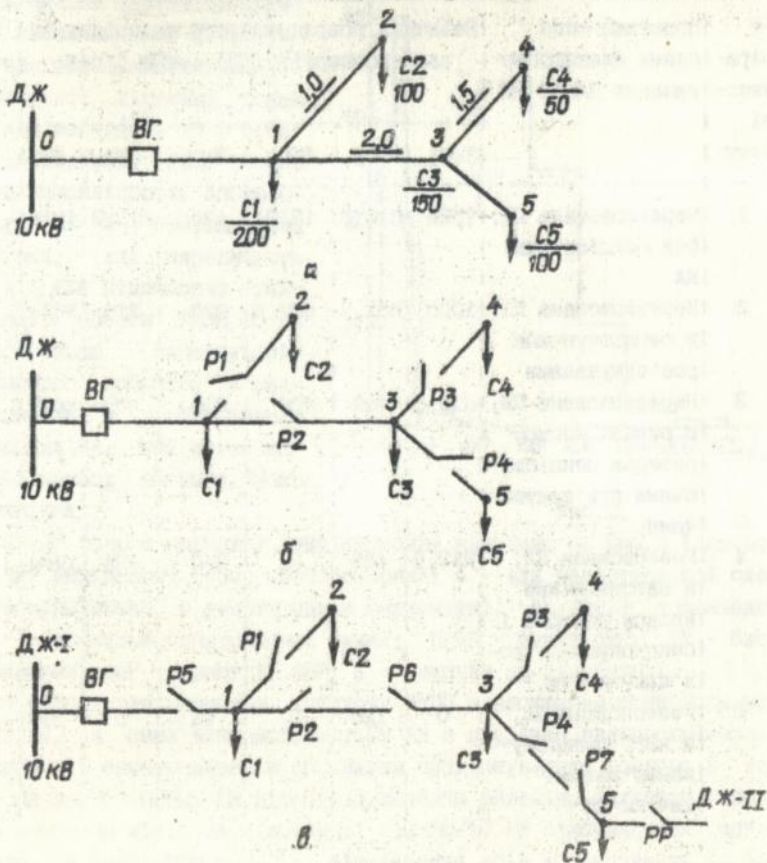


Рис.1

такі складові, як час ремонту  $\tau_p$ , час оперативних переключень  $\tau_{пер.}$ , час АВР -  $\tau_{авр.}$  встановлені по статистичним даним для осереднених умов України ( $\tau_p = 5г$ ;  $\tau_{пер.} = 2,5г$ ;  $\tau_{авр.} = 0$ );  $\omega_0^{пл10}$  - питома частота відмов ПЛ 10 кВ (для України статистичне значення  $\omega_0^{пл10} = 1,25$  відкл. /рік. км), через яку визначається частота відмов і-ої ділянки ПЛ 10 кВ довжиною  $l_i$ ;  $\omega_{с1} = \omega_0^{пл10} l_i$ ;  $l_e$  - довжина всіх ділянок по рис. 1,в.

Результати розрахунків показників надійності електропостачання споживачів для різних варіантів схем зведені в табл.1.

Табл.1

N розрахункової схеми	Короткий опис схеми електропостачання ПЛ 10 кВ	Величина розрахункового недовідпуску електроенергії, $\Delta W_{сi}$ , кВт.г/рік					$\delta = \frac{\Delta W_e}{\Delta W_e}$
		$\Delta W_{с1}$	$\Delta W_{с2}$	$\Delta W_{с3}$	$\Delta W_{с4}$	$\Delta W_{с5}$	
1	Нерезервована ПЛ без секціонувачих КА	1625	1812,5	1219	406	1812,5	1,0
2	Нерезервована ПЛ із секціонувачими роз'єднувачами	1000	1662,5	937,5	360	719	0,73
3	Нерезервована ПЛ із ручним вводом резерва секціонувачими роз'єднувачами	1812,5	469	609	250	406	0,52
4	Резервована ПЛ із автоматичним вводом резерва і секціонувачими роз'єднувачами	1812,5	469	0	250	406	0,41
5	Резервована ПЛ із АВР; секціонування автоматами КА	0	125	0	94	0	0,045

Результати розрахунків показують, що надійність роботи РЕСП підвищується при застосуванні секціонуючих КА. При цьому найбільшу надійність мають РЕСП з КА, які забезпечують автоматизований режим їх роботи (розрахункова схема Б).

Автор зібрав, обробив та узагальнив для шести різних районів електромереж енергосистем України дані по фактичним і розрахунковим величинам струмів навантаження на ЛЕП 10 кВ. По цим даним побудовано діаграму розподілу ймовірних струмів навантаження  $I$  (А) в РЕСП 10 кВ (рис.2). На рис. 2 позначено: 1 - величини струмів, розрахованих по встановленим потужностям трансформаторів; 2 - величини фактичних струмів, визначених по результатах замірів (макс.значення). З наведеної діаграми можна зробити висновок, що в переважній більшості РЕСП 10 кВ немає необхідності застосовувати КА з номінальними струмами, які перевищують 200 А. Для підвищення ефективності роботи РЕСП 10 кВ пропонується застосування каскадного принципу їх секціонування з використанням спрощених КА, які мають активний привод дистанційного управління.

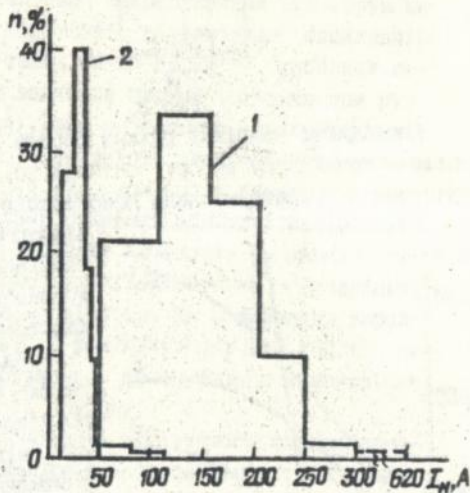


Рис.2.

Схеми такого принципу секціонування наведено на рис.3 (варіант а - для радіальної схеми електромережі; б - для магістральної схеми електромережі з двостороннім живленням). На рис.3 позначено: КСП - каскадний секціонуючий пункт; ПАВР - пункт АВР; БУ - блок управління; АВР - пристрій АВР; В - вимикач на підстанції.

В роботі запропоновано побудову РЕСП з каскадним принципом управління, в яких використовуються КА з лінійним електроприводом. Принцип дії електромереж з каскадним секціонуванням полягає в тому, що при стійкому КЗ після відключення релейним захистом головного вимикача лінії на підстанції 110/35/10 кВ відбувається автоматичне, з витримкою часу  $t_1$ , відключення всіх встановлених на ве-

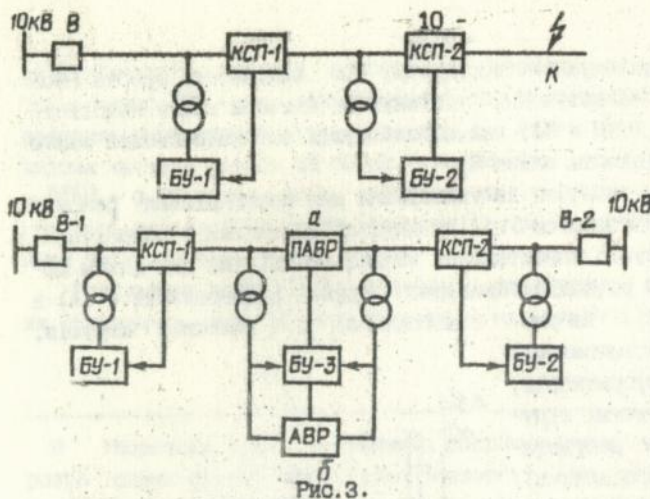


Рис. 3.

ній лінії вимикачів КСП по шляху проходження струму КЗ. Включення КСП відбувається автоматично з витримкою часу  $t_2$  послідовно по факту появи напруги при успішній роботі АПВ на підстанції.

Досліджено аварійні режими роботи РЕ 10 кВ в ізольованому нейтралі з точки зору вибору оптимальної технологічної схеми роботи пристрою АШФ. Обґрунтовано конструкцію такого пристрою з лінійними електроприводами для пофазного управління контактної системи з одним дугогасильним пристроєм, загальним для трьох фаз.

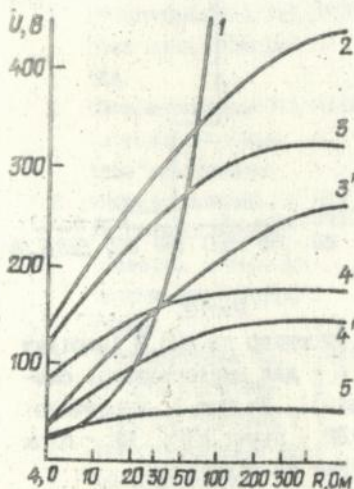


Рис. 4.

На рис. 4 по результатах проведених за участю автора вимірювань побудовано графіки залежності напруг від перехідного опору в місці замикання на землю в електромережі 10 кВ з ємнісним струмом замикання 5 А. На рис. 4 позначено: 1 - при відсутності АШФ; 2 - з АШФ при  $\Delta U = 7\%$  в лініях з струмом навантаження  $I_N = 120$  А; 3 і 3' - з АШФ при  $\Delta U = 5\%$  з  $I_N = 120$  А і 20 А відповідно; 4 і 4' - з АШФ при  $\Delta U = 3\%$  з  $I_N = 120$  А і 20 А відповідно; 5 - з АШФ при  $\Delta U = 1\%$  з  $I_N = 20 - 120$  А.

Друга глава дисертації присвячена аналізу ефективності застосування в РЕ 10 кВ різних видів комутаційного обладнання, в тому числі секціонуючих роз'єднувачів 10 кВ, відокремлювачів типу

Друга глава дисертації присвячена аналізу ефективності застосування в РЕ 10 кВ різних видів комутаційного обладнання, в тому числі секціонуючих роз'єднувачів 10 кВ, відокремлювачів типу

ОД-10, ВН, масляних та вакуумних вимикачів, які працюють в пунктах секціонування та АВР ПЛ 10 кВ, а також нових, розроблених за участю автора, спрощених КА з лінійним електроприводом (роз'єднувачі 110 та 150 кВ, перемикачі та вимикачі навантаження, комутаційні пристрої а пофазним управлінням контактної системою тощо).

Виконаний автором аналіз причин пошкоджень та відмов в роботі традиційних конструкцій спрощених КА, які широко використовуються в РЕ 10 кВ показав їх недостатню надійність. Так, для роз'єднувачів 10 кВ зовнішньої установки характерною є невідповідність величини струму комутації, який не повинен бути меншим 15А, вимогам Правил технічної експлуатації РЕСП (при випробуваннях цей струм не перевищував 10А), що викликає додаткові відключення споживачів оперативним персоналом. Для ВН типів ВН-16 та ВН-17 основними недоліками є регламентована ГОСТом величина струму вимикання при ручному оперуванні (не більше 7,5 кА), яка в реальних електричних мережах часто буває значно більшою, відсутність дистанційного привода, а також недосконала конструкція дугогасильного пристрою.

В схемах РЕ, в яких можна застосовувати вимикачі навантаження, використання вакуумних або масляних вимикачів не завжди виправдане і ефективно через непомірно великі затрати на обладнання. Крім того, в електричних мережах України відсутні КА з пофазним управлінням з лінійним електроприводом. В роз'єднувачах 110, 150 кВ не застосовується дистанційне оперування, що зумовлено відсутністю простого і надійного в експлуатації привода.

У зв'язку з викладеним в дисертації вирішується задача створення простих економічних КА, спроможних забезпечити автоматизований режим роботи РЕСП. Широке використання лінійних асинхронних двигунів (ЛАД) в промисловості до останнього часу обмежувалось через нестационарність процесів у двигуні та через наявність ряду крайових ефектів, які шкідливо впливають на робочі характеристики ЛАД. Проте, як показали проведені автором дослідження, при застосуванні ЛАД в електричних КА, в яких привод працює короткочасно, з великими перервами і до того ж має місце значне переміщення контактної системи, основним показником привода є максимальне спрощення конструкції ЛАД, а питання підвищення ККД та зменшення втрат енергії через нестационарність процесів та крайові ефекти в даному випадку є другорядним.

Створення простих і економічних КА, спроможних забезпечити роботу РЕ 10 кВ в автоматизованому режимі, стримується відсутністю

простого, надійного і економічного приводу. З метою усунення цього недоліку автором було обгрунтовано необхідність створення лінійного приводу на базі лінійного асинхронного двигуна (ЛАД). В роботі визначена і розроблена група нових типів КА, в яких для лінійного електропривода використовується ЛАД. До цієї групи належать вимикачі та перемикачі навантаження, апарати з пофазним управлінням контактної системи, роз'єднувачі напруг 110, 150 кВ.

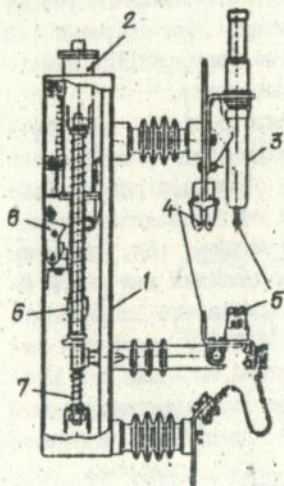


Рис. 5.

Як приклад використання ЛАД в спрощених КА на рис. 5 подано розроблений при безпосередній участі автора ВН з такими основними елементами, як корпус (1), ЛАД (2), дугогасник (3), основні силові (4) та додаткові (5) контакти, пружина (6), демпферна пружина (7), зачіпка (8).

Третя глава присвячена математичному моделюванню процесу дугогасіння в газогенеруючій камері та обгрунтуванню концепції конструктивного рішення дугогасного пристрою для ВН 10 кВ.

Математична модель теплових процесів, що відбуваються в газогенеруючій камері вимикача, побудована з урахуванням інтенсивностей променевих потоків на внутрішніх поверхнях цієї камери. Вона представлена у вигляді крайової задачі для системи двовірної еволюційної та стаціонарної задачі теплопровідності в циліндричній системі координат  $(r, \varphi)$  та інтегральних рівнянь променевого теплообміну в порожнині камери.

Для випадку, коли температурне поле та інтенсивність променевого потоку не залежать від змінної величини  $\varphi$ , задача суттєво спрощується до одновірної задачі теплопровідності з нелінійними крайовими умовами випромінювання енергії та випаровування речовини.

Найпростіша модель теплових процесів в стінках камери вимикача подається у вигляді одновірної лінійної задачі теплопровідності у напівпросторі, коли відомою є енергія та механізм випаровування речовини. У стаціонарному випадку ця задача допускає точний розв'язок, згідно якого одержано такі характеристики процесу, як час досягнення на поверхні температури випаровування та його швидкість,

маса випарованої речовини, а також тиск в газорі.

В роботі також розглянуто математичні моделі теплових явищ в дузі вимикання. При відомих радіусі стовпа дуги  $r_0$ , температурі поверхні дуги  $T_0$ , нелінійному коефіцієнтові теплопровідності  $\lambda(T)$ , напруженості електричного поля  $E$ , яка породжує Джоулеві джерела виділення тепла  $\delta(T)E^2$ , втрати на випромінювання  $S(T)$  математична модель подається у вигляді нелінійної початково-крайової задачі Еленбааса-Хеллера. Запропоновано наближений аналітичний метод розв'язання такої нелінійної задачі.

На основі розроблених математичних моделей та виконаних розрахунків по визначенню характеристик фізичних процесів автором запропоновано конструктивне рішення нового дугогасильного пристрою для ВН 10 кВ, конструкція якого показана на рис. 6. Основні елементи пристрою: нерухомий контакт (1), корпус (2), захват (3), відстрілюючий пристрій (4), пружина (5), нерухомий контакт (6), сітка (7), рухомий контакт (8), корпус (9), комутаційний стрижень (10), пружина (11).

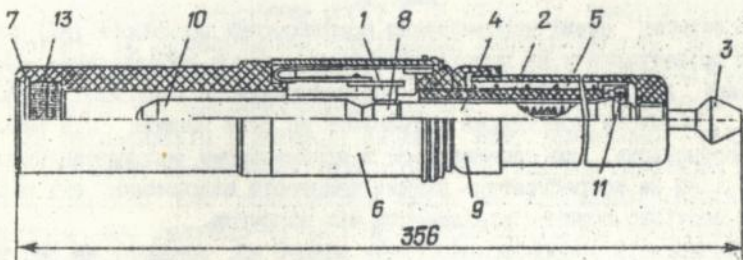


Рис. 6.

Четверта глава присвячена розробці РП з спрощеними КА типу КСО КВН-10 і засобів управління ними, використанню цього обладнання в схемах РЕСП, у тому числі для компенсації реактивної потужності і в схемах ввічлення трифазних споживачів з розділеними фазами.

Розроблені з участю автора камери КСО КВН-10 порівняно з тими, що серійно випускаються, мають зменшену металоемність і габарити, в них використано ВН з лінійним електроприводом.

В роботі обгрунтовано можливість використання ВН з лінійним електроприводом в схемах компенсації реактивної потужності на підстанціях 110/35/10 кВ. Як приклад такого використання на рис. 7 наведена схема ввічлення конденсаторних батарей (КБ) на шини 10 кВ.

районної підстанції через загальний вимикач  $Q_{KB}$  і вимикачі навантаження  $QW$  кожної секції.

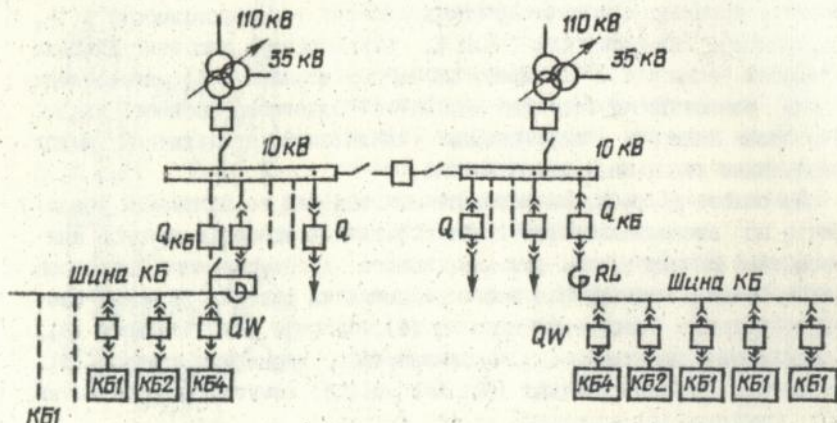


Рис. 7.

На першому етапі впровадження компенсуючих пристроїв (КП) доцільно орієнтуватися на прості рішення і з метою забезпечення максимальної питомої ефективності впроваджувати КП найменшої потужності. При цьому номінальна потужність КП буде меншою, ніж реактивна потужність, що споживається в мінімальному експлуатаційному режимі, і КП не потребуватиме ніяких пристроїв автоматики; при цьому він постійно повинен знаходитись під напругою.

В дисертації запропоновано схему такого КП, показану на рис.8, на якому позначено:  $QW$  - ВН;  $F$  - запобіжник;  $C$  - КБ.

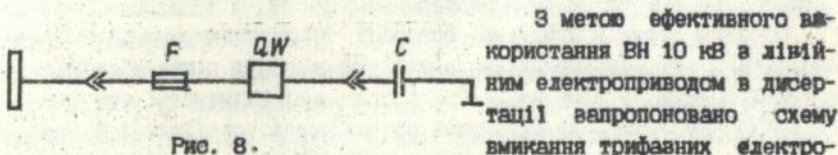


Рис. 8.

З метою ефективного використання ВН 10 кВ з лівійним електроприводом в дисертації запропоновано схему вмикання трифазних електродвигунів з розділеними фазами. Така схема при деяких недоліках (в схемі протяжність кабелів і кількість КА потрібно збільшити вдвічі) має ряд суттєвих переваг (нечутливість до міжфазних КЗ, ймовірність яких досить мала; працездатність схеми при однофазних КЗ на землю; можливість вибору струму КЗ).

Для забезпечення управління КА з лінійним електроприводом при

безпосередній участі автора розроблено відповідні пристрої автоматики, які з одного боку задовольняють умови роботи таких апаратів, а з іншого - вимоги раціональної побудови РЕ, які працюють в автоматизованому режимі.

При участі автора розроблено і виконано на сучасній електронній елементній базі ряд пристроїв автоматики: пристрій для відключення КА, який забезпечує відключення апаратів типу ВН, а також відокремлювача в безструмову паузу АПВ; пристрій автоматичного включення резерву (АВР), який застосовується в схемах РЕ 10 кВ, де необхідне місцеве АВР, і повинен забезпечувати АВР живлення на КРП з ВН з лінійними електроприводами тощо.

При застосуванні першого з цих пристроїв при пошкодженні на відгалуженні КРП спрацьовує захист на підстанції 110/35/10 кВ. При цьому відключення пошкодженої ділянки здійснюється через уставку часу по факту наявності струму КЗ і відсутності напруги на шинах 10 кВ КРП. Застосування такої автоматики дозволяє уникнути складних захистів і коштовних КА, причому логічна схема такої автоматики працює по заданому жорсткому алгоритму.

Для виконання ремонтних робіт в РЕ 10 кВ по енергозберігаючій технології із застосуванням спеціальних засобів захисту за пропозицією і при безпосередній участі автора розроблено спосіб усунення під напругою аварійних пошкоджень ЛЕП. Цей спосіб полягає в тому, що на живильній підстанції вводять АШФ, заземлюючи фазу, з якою пов'язане пошкодження. При цьому відбувається одночасне включення пристрою АШФ пошкодженої фази на підстанції споживача. Пристрій АШФ виконано на базі ВН з пофазним управлінням лінійними електроприводами.

П'ята глава присвячена розробці основних принципів підходу до оцінки технічного ефекту від застосування в РЕП 10 кВ РП з спрощеними КА з лінійним електроприводом, ефекту застосування РП, які виділяють пошкодження.

Ефект від використання РП з спрощеними КА можна визначити при допомозі методів розрахунку показників надійності лінії як різниці значень цих показників, розрахованих при відсутності і наявності пристроїв на лінії, що розглядається. При цьому для визначення оптимального місця установки пристроїв такі розрахунки необхідно виконувати багато разів і тому застосування цього методу вимагає великих затрат машинного часу ПЕОМ.

Установка в РЕ РП з ВН з лінійними електроприводами в комплек-

сі з пристроями автоматики забезпечувє зниження річної тривалості відключень на  $\Delta T_{рп}$  і зниження величини відключеного навантаження на  $\Delta P_{рп}$ . Кінцевий ефект у вигляді зниження річного недовідпуску електроенергії, викликаного ненадійністю РЕ, в загальному випадку визначається виразом:  $\Delta W_{рп} = \Delta T_{рп} P_T + \Delta P_{рп} \cdot T_{рп} - \Delta P_{рп} \cdot \Delta T_{рп}$ , де  $P$  - величина відключеного навантаження тієї частини лінії (мережі), при пошкодженні на якій проявляється ефект РП у вигляді  $\Delta T_{рп}$ ,  $\Delta T_{рп}$  - сумарна річна тривалість відключення тієї частини лінії (мережі), при відключенні якої має місце ефект РП у вигляді  $\Delta P_{рп}$ .

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Запропоновано спрощені способи оцінки відновлення електропостачання споживачів, які дають достатню точність при розв'язанні поставленої задачі; при цьому аналіз надійності електропостачання робиться по споживачах, а не по ділянках РЕ.

2. Запропоновано варіанти схем побудови РП на основі спрощених КА з лінійними електроприводами, які забезпечують автоматизований режим роботи електромереж.

3. Обґрунтовано необхідність та доцільність будівництва РЕ 10 кВ з більш досконалішими принципами управління, в тому числі каскадним, з використанням для цього спрощених КА.

4. В зв'язку з тим, що до останнього часу в Україні для РЕСП не розроблялись і не виготовлялись електричні КА, до створюваних КА та схем їх використання визначено основні технічні вимоги.

5. Розроблено спрощені КА з лінійними електроприводами, які доцільно використовувати в РП РЕСП з метою підвищення ефективності їх роботи.

6. З метою реалізації автоматизованого режиму роботи РЕ 10 кВ розроблено, виготовлено та випробувано відповідні пристрої автоматики та релейного захисту.

7. Проведено дослідження та визначено основні технічні вимоги до пристроїв АШФ, які при пошкодженні РЕ 10 кВ з ізолюваною нейтраллю виключають небезпечні режими роботи цих мереж.

8. Обґрунтовано доцільність застосування лінійних електродвигунів в високовольтних КА; розроблено конструкцію привода ВН з лінійним ЛАД та пристрої керування ним.

9. Запропоновано та розроблено математичні моделі процесу дугогасіння в газогенеруючій дугогасильній камері, а також обґрунтовано концепцію її конструктивного рішення для ВН 10 кВ.

10. На основі ВН розроблено конструкцію, виготовлено дослідні

вразки та проведено випробування РП типу КВН - 10/400 зменшеної металоемності.

11: З метою забезпечення безпечного виконання робіт в електроустановках при безпосередній участі автора розроблено нові ефективні електроахисні засоби охорони праці (світлозвукові вказівники напруги, якісні ізоляційні покриття електроінструмента, штанги - маніпулятори ізолюючі тощо); визначено основні технічні вимоги до цих засобів та організовано їх серійне виробництво в Україні.

12. Основні, виконані при безпосередній участі автора, результати по розробці РП з спрощеним КА з лінійним електроприводом реалізовано в дослідно-конструкторських роботах і виготовлених зразках, які пройшли успішні випробування на стендах ВІТ (м.Запоріжжя) і передані на Рівненський та Запорізький заводи високовольтної апаратури для підготовки їх серійного виробництва.

#### ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Красинский В.Н. Малогабаритные комплектные распределительные устройства с вакуумными выключателями //Техн.электродинамика. - 1992. - №5. - С.108-110.

2. Красинский В.Н. Математическое моделирование тепловых процессов в дугогасительном элементе высоковольтного выключателя нагрузки. Нелинейные краевые задачи математической физики и их приложения/Сб.научн.тр. Ин-та математики АН Украины, 1993. - С.73-75.

3. Красинский В.Н. Разъединители наружной установки серии РЛНТ-10.//Сер. Строительство сельских электросетей. М.: Инфорэнерго.- 1983.- Вып.12. - С. 1-3.

4. Красинский В.Н., Молчанов В.Н. Конструирование коммутационных аппаратов с использованием математического моделирования процессов дугогашения// Энергетика и электрификация.- 1995. - № 4.- С.28-30.

5. Фещенко П.П., Красинский В.Н., Сегада А.П. Применение электромагнитного привода ПЭ-11 для масляных выключателей 10 кВ//Энергетика и электрификация.- 1985.- № 2. - С. 27-28.

6. Фещенко П.П., Красинский В.Н., Сегада А.П. Каскадное секционирование сельских распределительных сетей 6-10 кВ// Энергетика и электрификация.- 1986.- № 2. - С. 36-38.

7. Удод Е.И., Красинский В.Н. Учебный центр по подготовке и работам под напряжением// Энергетик. - 1988.- №12. - С.21-24.

8. Зубко В.Н., Черемьсин Н.М., Коробко В.А., Красинский В.Н. К вопросу использования микропроцессоров для управления режимами

подстанций и сетей сельскохозяйственного назначения. // Сб. научн. тр. МИИСП им. В.П.Горячина. - 1984. - С.7-10.

9. Красинский В.Н., Сегеда А.П. Указатель светозвуковой УСЗ-0,38 // Строительство сельских электросетей. М.: Информэнерго. - 1985. - Вып.10. - С.1-3.

10. Фещенко П.П., Красинский В.Н., Иванов Л.Я. Разъединители 10 кВ наружной уставки. // Строительство сельских электросетей. М.: Информэнерго. - 1986. - Вып.1. - С.1-14.

11. А.С. N 1376172 (СССР) Устройство для отключения отделителя / Сегеда А.П., Красинский В.Н., Швора В.В. Оpubл. 23.02.88. Бюл. N7. - С.228.

12. А.С. N1647772 (СССР) Устройство автоматического включения резерва / Сегеда А.П., Красинский В.Н. Оpubл. 07.05.91. Бюл. N 17. - С.234.

13. А.С. N 1436168 (СССР) Устройство для автоматического повторного включения линии электропередачи / Сегеда А.П., Красинский В.Н., Фещенко П.П., Олийниченко А.С. Оpubл. 07.11.88. Бюл. N 41. - С.208.

14. А.С. 1820433 (СССР) Способ устранения под напряжением аварийных повреждений линии электропередачи / Удод Е.И., Красинский В.Н., Сегеда А.П. Оpubл. 07.06.93. Бюл. N 21. - С. 155.

15. Красинский В.Н., Сегеда А.П. Блок защиты и автоматики ВЛ 0,4 кВ. // Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. совещания "Совершенствование управления и автоматизация сельских электрических сетей". Минск. - 1984. - С.15-16.

16. Красинский В.Н., Сегеда А.П. Отделитель секционирующий типа ОД-10 для распределительных сетей 10 кВ. // Там же, С.33-35.

17. Красинский В.Н., Сегеда А.П., Фещенко П.П. Каскадное секционирование сельских распределительных сетей 6-10 кВ // Тез. докл. на Всесоюз. совещании "Повышение эффективности и надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей". М.: - 1987. - С.38-40.

18. Красинский В.Н., Сегеда А.П., Фещенко П.П. Управление рас-предсетями 6-10 кВ. // Там же, С.15-17.

Особистий внесок. В роботах, які опубліковані в співавторстві, дисертанту належить: в [4-10, 15-18] - постановка, наукове обґрунтування та розробка проблеми; в [11-14] - обґрунтування ідеї, участь в розробці і формулюванні ознак винаходів.

Список основних скорочень, прийнятих в авторефераті: РЕ - розподільчі електромережі, РЕСП - РЕ сільськогосподарчого призначення, ПЛ - повітряна лінія, РП - розподільчий пристрій, КП - компенсуючий пристрій, КСП - каскадний секціонуєчий пункт, КА - комутаційний апарат, ВН - вимикач навантаження, Р - роз'єднувач.

АННОТАЦІЯ

Красинський В.Н. Покращення ефективності роботи електросетей 10 кВ на основі використання розподільчих пристроїв з упрощеними комутаційними апаратами з лінійним електроприводом.

Дисертація в формі рукопису на соискання ученої ступені кандидата технічних наук по спеціальності 05.14.02 -Електричні станції (електрична частина), мережі, електроенергетичні системи та управління ними, Ін-т електродинаміки НАН України, Київ, 1995.

Захищана дисертація містить теоретичні та експериментальні дослідження розподільчих мереж напругою 10 кВ, процесів їх функціонування та побудови. Обґрунтовано метод кількісної оцінки надійності електропостачання споживачів, з урахуванням впливу комутаційної апаратури та засобів управління. Були розроблені та здійснені: нові схеми упрощених комутаційних апаратів, використовуваних в електричних розподільчих мережах напругою 10 кВ, забезпечуючих автоматичний контроль їх роботи, нові конструкції комутаційних апаратів, а також математичне моделювання процесів дугогашення.

Krasynsky V.N. The efficiency improvement operation energized 10 kV networks based on using switchgears simplified breakers with linear electric drive.

Thesis for the doctor of technical sciences on speciality 05.14.02 "Power station (Electrical part), networks, electrical power systems and control". National Academy of Sciences of Ukraine. The Institute of Electrodynamics, Kiev, 1995.

The protected dissertation contains theoretical and experimental researches energized 10 kV distributing networks, its operation and designs. The quantity estimation method of consumer's power supply security was grounded, accounting influences of switching instruments and control facilities. The new outlines simplified switching apparatuses, using energized 10 kV distributing networks, established automatic control operating circuits, its operation and new switching designs and the mathematic simulation of the arc damping processes were developed and realized.

Ключові слова: розподільчі електромережі, комутаційний апарат, дугогасильна камера, лінійний електропривод, автоматизований режим роботи, надійність електропостачання.

Підписано до друку 9.10.1995 р. Формат 60x84/16 Папір офсетний  
Умовн.-друк.аркуш 1,0 Обл.-вид. аркуш 1,0 Тираж 100. Замовл.408.  
Поліграф. дільн. Інституту електродинаміки НАН України,  
252680, Київ-57, проспект Перемоги, 56.

440975

AB 33.559

**AB 33.559**