

## МЕТОД КОМБІНОВАНОЇ ВІДСІЧКА ПО СТРУМУ І НАПРУЗІ

**Кутін В.***Доктор технічних наук  
Вінницький національний технічний університет***Кутіна М.***Кандидат технічних наук  
Вінницький національний технічний університет***Ковальов А.***Аспірант  
Вінницький національний технічний університет*

## THE METHOD OF COMBINED CURRENT AND VOLTAGE CUT-OFF

**Kyutin V.,***Doctor of technical sciences  
Vinnytsia National Technical University***Kytina M.,***Candidate of technical sciences  
Vinnytsia National Technical University***Kovalov A.***Graduate student  
Vinnytsia National Technical University***Анотація**

Розподільчі електричні мережі є важливою ланкою в системі виробництва і споживання електричної енергії. Надважливу роль в забезпеченні надійної роботи електромереж грає правильно налаштований релейний захист і протиаварійна автоматика і в тому числі вибір робочих параметрів спрацювання релейної апаратури. Між тим кожного року близько 20% всіх неправильних дій релейного захисту, викликаних аваріями, виходить по причині неправильного вибору уставок, при тому більша частина випадків приходить на максимальний струмовий захист ліній і трансформаторів розподільчих мереж.

**Abstract**

Distribution electric networks are an important link in the system of production and consumption of electric energy. Correctly configured relay protection and anti-emergency automation, including the selection of the operating parameters of the relay equipment, play an important role in ensuring the reliable operation of electrical networks. Meanwhile, every year about 20% of all incorrect actions of relay protection caused by accidents are due to incorrect selection of settings, while most of the cases fall on the maximum current protection of lines and transformers of distribution networks.

**Ключові слова:** струмова відсічка, комбінований захист, коефіцієнт чутливості.

**Keywords:** current cut-off, combined protection, sensitivity coefficient.

При невеликій довжині лінії та великій потужності підключених до лінії трансформаторів прості струмові відсічки недостатньо ефективні. Застосування комбінованої відсічки [1] дозволяє зробити відбудову від к.з. за трансформатором напруги. Для

забезпечення селективної дії відсічки при зовнішніх к.з. з напруга спрацювання відсічки  $U$  с.в. узгоджується з її струмом спрацювання  $I$  с.в.

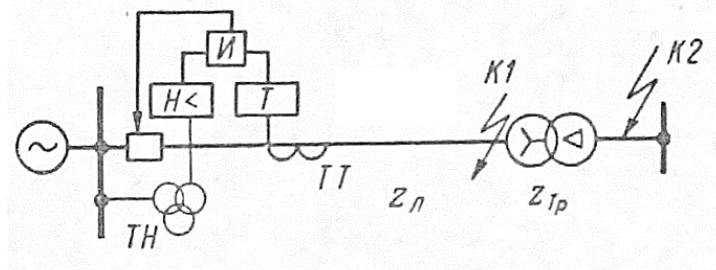


Рис.1 – Розрахункова схема блоку лінія-трансформатор, захищена за допомогою комбінованої відсічки по струму та напрузі.

Струм спрацьовування відсічки вибирається з умови забезпечення достатньої чутливості при двофазному металевому к. з. в кінці захищеної зони в мінімальному режимі (точка К1 на рис. 1) :

$$I_{c.v.} = \frac{I_{k.xвил}^{(2)}}{k_{ч}} \quad (1)$$

, де  $k_{ч}$ -коefficient чутливості відсічки по струму, приймається рівним 1,5 [4]

Перевіряється, чи забезпечує вибраний струм  $I_{c.v.}$  надійне відлаштування від струмів самозапуску в режимі АПВ (у разі несправностей у ланцюгах напруги), за виразом  $I_{c.з.} \geq k_H k_{сзп} I_{роб.макс}$ . Напруга спрацьовування вибирається таким чином, щоб вона була менше залишкової напруги в місці уставки відсічки при проходженні по лінії струму, що захищається, к. з., рівного за величиною струму спрацьовування відсічки:

$$U_{c.v.} \leq \frac{\sqrt{3} \cdot I_{c.v.} (z_{л} + z_{тр})}{k_H} \quad (2)$$

, де  $k_H = 1,2 \div 1,3$ ;  $z_{тр}$ ,  $z_{л}$ -опір лінії та трансформатора (рис.1)

При такому виборі  $U_{c.v.}$  забезпечується ігнорування відсічки при к.з. за трансформатором (точка К2 на рис. 1) в будь-яких режимах. При струмах к.з., більших, ніж  $I_{c.v.}$  буде вище  $U_{зал} = \sqrt{3} \cdot I_{c.v.} (z_{л} + z_{тр})$  і відсічка не буде працювати по напрузі. При струмах  $I_{к} < I_{c.v.}$  (к.з. через перехідний опір) відсічка не працює по струму.

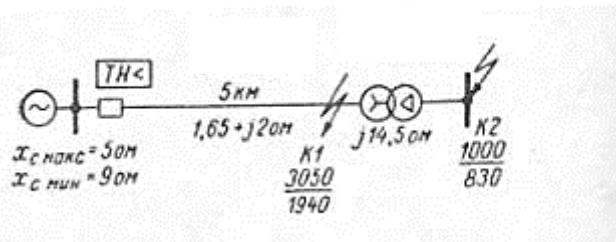


Рис.1 – Розрахункова схема блоку лінія-трансформатор для прикладу розрахунку

Візьмемо для прикладу уставку комбінованої відсічки по струму і напрузі на лінії 35 кВ довжиною 5 км, працюючої в блоці з трансформатором 6.3 МВА (рис.2)

Для вирішення цієї задачі розраховуються струми к.з. в максимальному та мінімальному режимах по даним, які наведені на рис.2. Результати розрахунку наведені на схемі. Всі струми приведені до напруги 35 кВ.

Для порівняння визначається можливість застосування для ПЛЕП-35 кВ простої струмової відсічки в якості основного захисту.

По виразу  $I_{c.v.} \geq k_H I_{к.макс}^{(3)} = 1,4 \cdot 1000 = 1400$  А. Коefіцієнт чутливості:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.мін}}{I_{c.v.}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\right) \cdot 1940}{1400} = 1,2 < 1,5.$$

Слідуючи з цього, простий струмовий захист не може бути використано як основний захист лінії.

Тому вибираємо струм спрацьовування комбінованої відсічки по виразу (1):

Чуттевість відсічки по напрузі перевіряється при к.з. в кінці захищеної лінії (точка К1). Залишкова напруга в місці встановлення відсічки повинно бути не менше в 1,5 рази нижче  $U_{c.v.}$ , тобто

$$k_{ч.н} = U_{c.v.} / U_{зал} \geq 1,5 \quad (3)$$

Залишкова напруга  $U_{зал}$  визначається в максимальному режимі живильної системи. В мінімальному режимі залишкова напруга буде менше і як слідує,  $k_{ч.н}$  вище. В розподільних мережах, де струм к.з. практично не змінюється в часі ( $I_{t=0} = I_{\infty}$ )  $k_{ч.н}^{(3)} = k_{ч.н}^{(2)}$  [2]

Напруга спрацьовування комбінованої відсічки, отриманого з виразу (2), повинно знаходитись в межах

$$U_{c.v.} = (0,15 \div 0,65) \cdot U_{ном.} \quad (4)$$

Нижній поріг визначається мінімальною уставкою стандартних реле напруги [3], а верхній-необхідністю відлаштування від можливого зниження напруги в мережі:

$$U_{c.v.} \leq \frac{U_{роб.мін.}}{k_H k_B} = \frac{0,9 U_{ном.}}{1,2 \cdot 1,2} \approx 0,65 U_{ном.} \quad (5)$$

, де  $k_H = 1,2$  – coefficient надійності,  $k_B \approx 1,2$ -коefficient повернення мінімальних реле напруги серії РН-50 [3].

Верхня межа  $U_{c.v.}$ , по (4), обмежується областю застосування комбінованих відсічок.

$$I_{c.v.} = \frac{I_{к.xвил}^{(2)}}{k_{ч}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\right) 1940}{1,5} = 1100 \text{ А.}$$

Перевіряємо відлаштування від струмів самопуску в режимі АПВ лінії (для випадку несправності кіл напруги):

$$I_{c.з.} \geq k_H k_{сзп} I_{роб.макс} = 1,2 \cdot 3 \cdot 104 \approx 380 \text{ А,}$$

$$\text{Де } I_{роб.макс} = I_{ном.тр.} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 35} = 104 \text{ А.}$$

Відлаштування забезпечується.

Виходячи з цього вибираємо напругу спрацьовування відсічки по виразу (2):

$$U_{c.v.} \leq \frac{\sqrt{3} \cdot I_{c.v.} (z_{л} + z_{тр})}{k_H} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1100 (2,6 + 14,5)}{(1,2 \div 1,3)} = 2600 \div 2400 \text{ В}$$

, що складає  $0,75 \div 0,68$  номінальної напруги (35 кВ). Через що, приймаємо згідно (4)

$$U_{c.v.} = (0,15 \div 0,65) \cdot U_{ном.} = 0,65 U_{ном.} = 22500 \text{ В.}$$

Визначимо coefficient чутливості відсічки по напрузі (3):

$$k_{ч.н} = U_{c.v.} / U_{зал} = 22500 / 13700 = 1,64 > 1,5,$$

де  $U_{ост} = \sqrt{3} \cdot I_{к.макс} z_{л} = \sqrt{3} \cdot 3050 \cdot 2,6 = 13700 \text{ В.}$

**Висновок**

Виходячи з дослідження можна говорити, що комбінована відсічка по струму та напрузі, маючи  $k_{ч.н} \geq 1,5$ , може бути використана в якості основного захисту. При відносно простому виконанні комбінована відсічка забезпечує миттєвий селективний захист лінії і частково трансформатора.

Але область застосування комбінованих відсічок обмежується лініями невеликої довжини. При тих же даних, але при довжині 10 км відсічка вже виходить малоефективною.

**Список літератури**

1. Федосеев А.М. Основы релейной защиты. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961
2. Авербух А.М., Рыбак Х.А. Задачи по релейной защите и методы их решения. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961
3. Какуевичкий Л.И. и др. Справочник реле защиты и автоматики. Изд-2. М., «Энергия», 1968.
4. Правила улаштування електроустановок. К., «Форт»-2017.
5. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посіб [ для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл.]/ В.П. Кідиба; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка».-Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015.-504с.
6. Федоров В.А. Библия релейной защиты и автоматики. Новосибирск; Изд. Новосибирский институт повышения квалификации, 2004.
7. Рожкова Л.Д., Козумин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. Учебник для техникумов. М., «Энергия», 1975.
8. Noverino Faletti e Paolo Chizzolini, Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, vol.1, Bologna, Patron editore, 2004
9. Jean-Yves Arzul, Le systeme nerveux du reseau francais de transport d'electricite: 1946-2006, 60 annees de controle électrique, Lavoisier, 2012
10. Кутін В.М. Засоби діагностування релейного захисту та автоматики електроенергетичних систем: навчальний посібник/В.М. Кутін, М.В. Кутіна, М.О. Ілюхін, ВНТУ.- Вінниця: ВНТУ, 2017-120с.