

Магістерська кваліфікаційна робота  
на тему:  
*«Діагностування ізоляції кабелів напругою 110 кВ»*

- Виконав: магістрант групи ЕСМ-15м
- Романюк Д.В.
  
- Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС
- Собчук Н.В.

*Мета і задачі дослідження.* Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є діагностування ізоляції кабелів напругою 110 кВ, використання математичних моделей і оптимізації конструкції з урахуванням електричних, механічних та теплотехнічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети в МКР розв'язані такі основні задачі:

- діагностування ізоляції вимірюванням інтенсивності часткових розрядів;
- математичне моделювання кабелів як системи коаксіальних циліндрів;
- методи і засоби для покращення теплового балансу кабельної лінії.

*Об'єктом дослідження МКР є:* кабелі напругою 110 кВ.

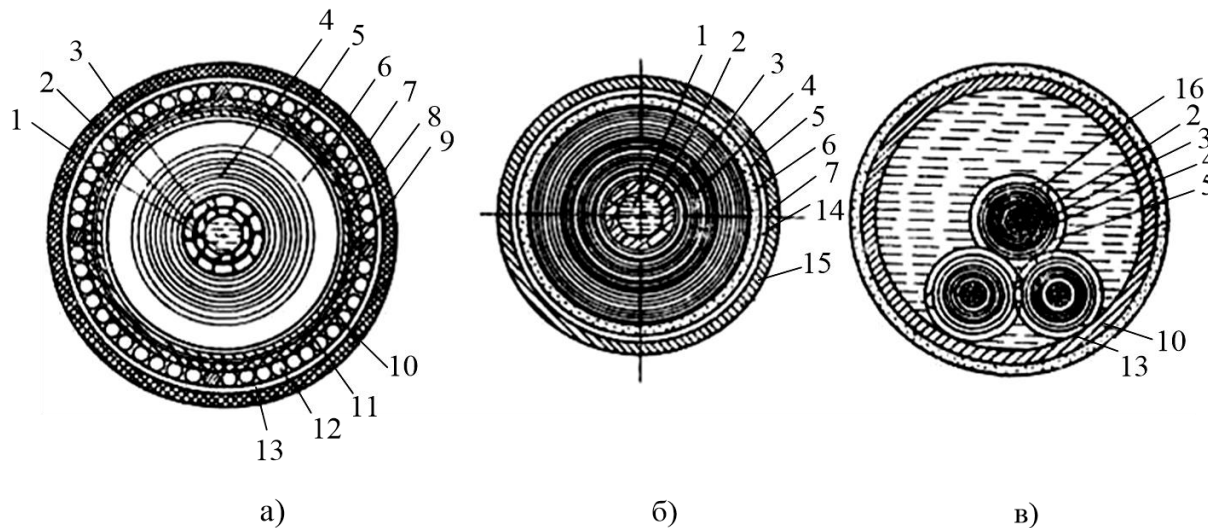
*Предметом дослідження є:* методи регулювання картини електричного поля в кабелях, методи покращення теплового балансу в ізоляції кабелю.

*Методи дослідження.* Для аналізу і розв'язання поставлених задач використаний математичний апарат диференційного числення, методи теорії подібності і моделювання.

*Наукова новизна одержаних результатів* полягає в тому, що :

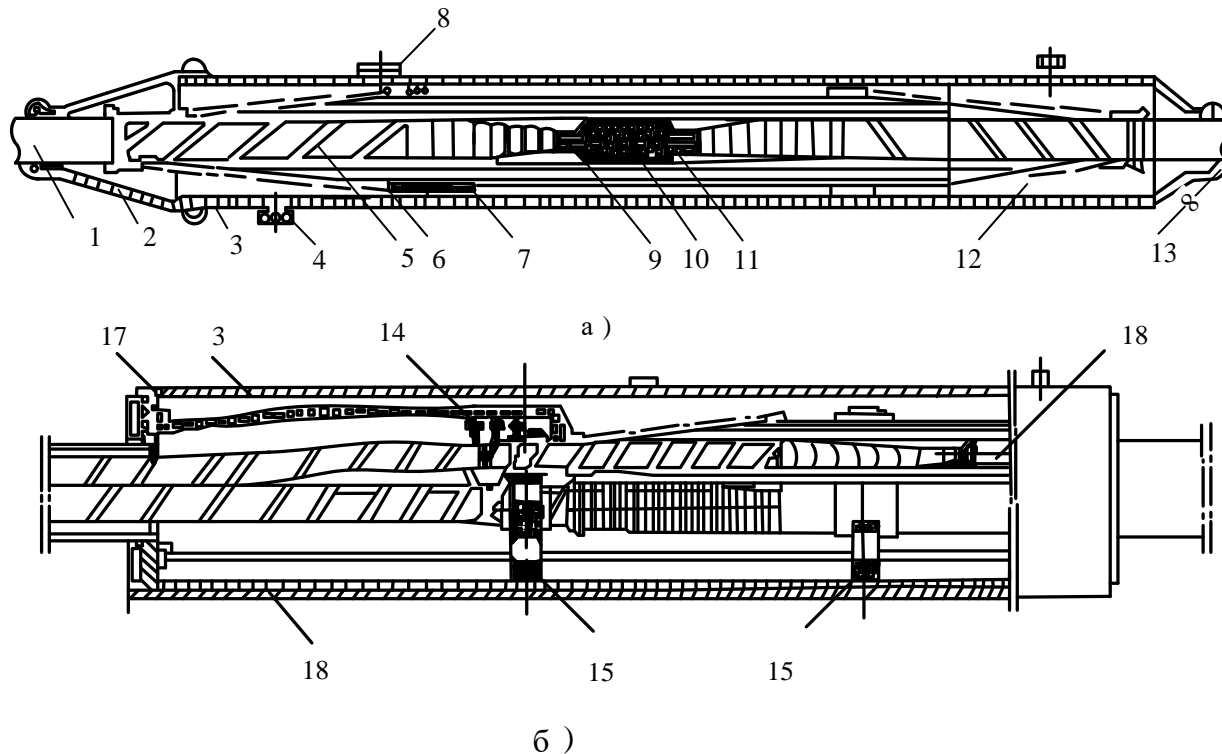
- показано високу ефективність діагностування ізоляції вимірюванням інтенсивності часткових розрядів;
- запропонована математична модель кабелю напругою 110 кВ, як системи коаксіальних циліндрів;
- показано, що для підвищення пропускної здатності кабельних ліній треба здійснити врахування коефіцієнта навантаження; застосувати КЛ з малими втратами в оболонках; застосувати засипні склади зі зниженим тепловим опором; зволожувати засипний матеріал; оптимізувати розташування кабелів та використовувати штучне охолодження кабелів.

# Кабелі високої напруги (розріз)



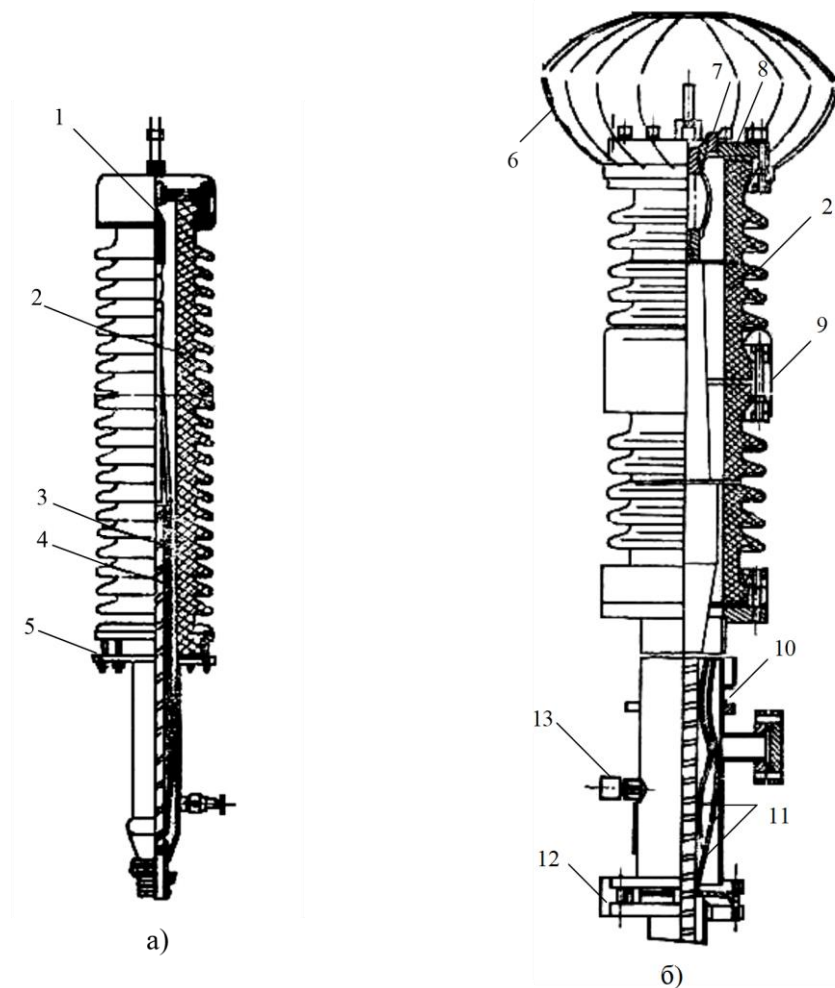
а), б) – низького тиску відповідно у свинцевій і алюмінієвій оболонках; в) – високого тиску в сталевій трубі;  
1 – внутрішній маслопровідний канал; 2 – струмопровідна жила; 3 – екран по жилі; 4 – ізоляція; 5 – екран по ізоляції; 6 – оболонка; 7 – полівінілхлоридні стрічки; 8 – ущільнюючі стрічки; 9 – шар бітумного компаунда; 10 – шар бітумізованого кабельного паперу; 11 – шар кабельної пряжі; 12 – броня; 13 – зовнішній захисний покрив; 14 – захисний шар під шлангом; 15 – полівінілхлоридний шланг; 16 – дроти ковзання; 17 – ізоляційне масло; 18 – сталева труба.

# Сполучна муфта кабелів



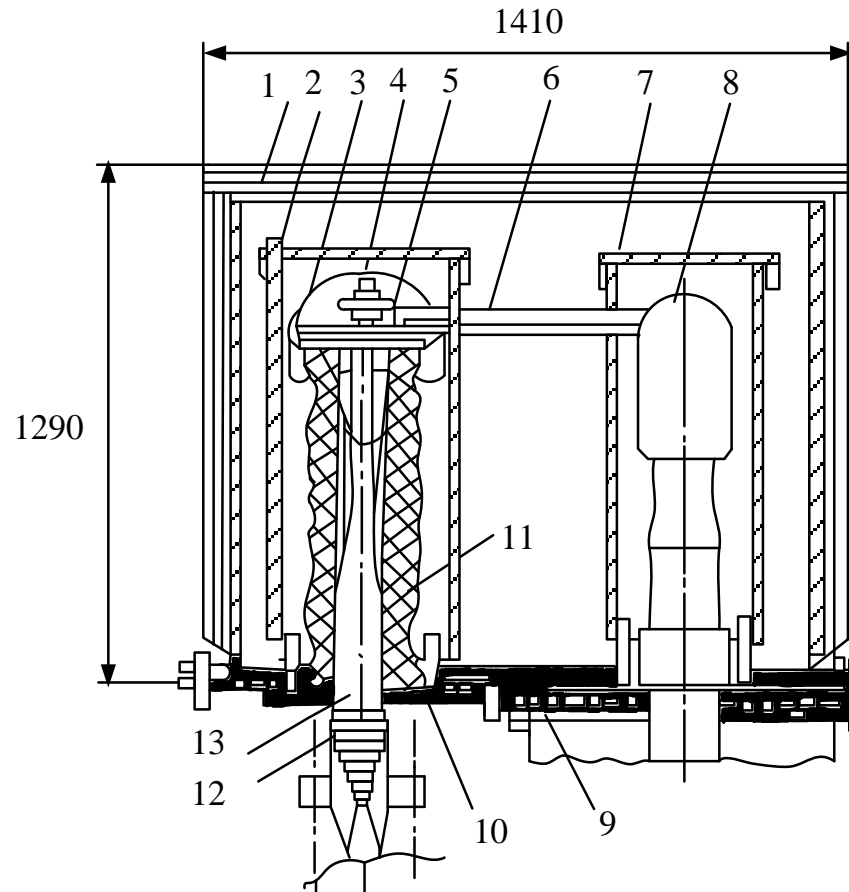
а) – низького тиску; б) – високого тиску; 1 – оболонка кабелю; 2 – розтруб; 3 – корпус муфти; 4 – заглушка; 5 – ізоляція кабелю (заводська); 6 – ізоляція муфти (підмотування); 7 – екран; 8 – пластинка (або болт) для приєднання до заземлюючого контуру; 9 – сталевая трубка; 10 – жила кабелю; 11 – сполучна (пресована) гільза; 12 – масло; 13 – пайка розтруба до оболонки кабелю; 14 – мідна луджена жила; 15 – підставка; 16 – гільза; 17 – перехідне кільце; 18 – піддон.

# Кінцева муфта для кабелів



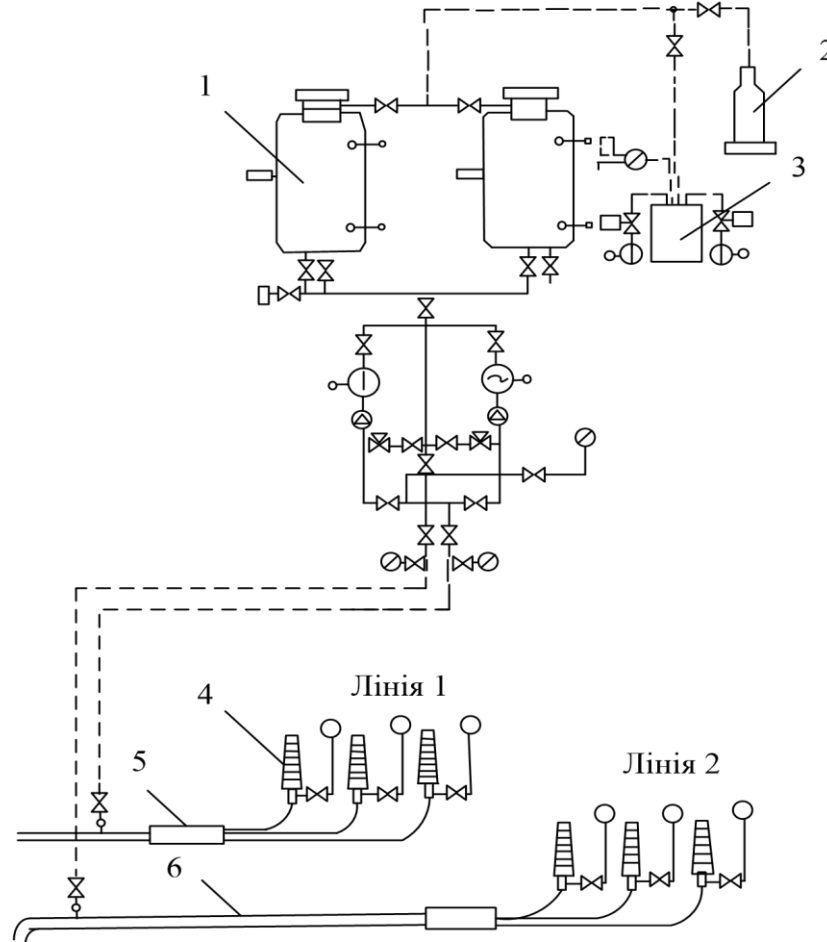
а) – низького тиску; б) – високого тиску; 1 – струмовивідний пристрій; 2 – порцеляновий ізолятор; 3 – паперова ізоляція муфти (підмотування); 4 – ізоляція кабелю; 5 – опорна плита; 6 – сітчастий екран; 7 – заглушка; 8 – кришка; 9 – напівекран; 10 – хвостовик; 11 – мідний лужений провід; 12 – перемичка; 13 – сифонний вентиль.

# Кабельне введення в трансформатор для кабелю низького тиску



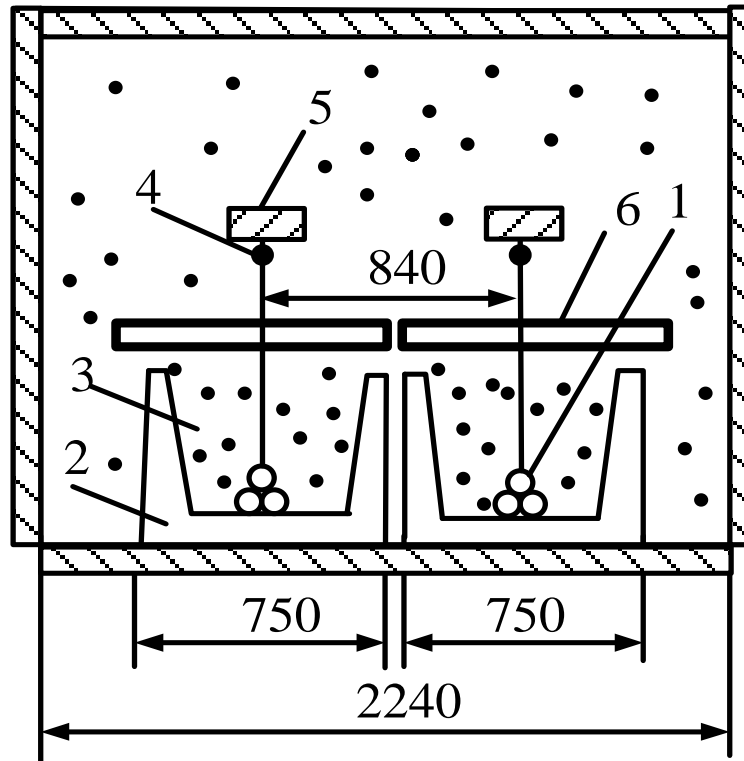
1 – кожух введення; 2 – бар'єрна ізоляція кінцевої муфти; 3 – зовнішній екран кінцевої муфти, ізольований стрічками з лакотканини; 4 – струмовивід; 5 – внутрішній екран муфти; 6 – струмове з'єднання; 7 – бар'єрна ізоляція прохідного введення; 8 – прохідне введення в трансформатор; 9 – верхня плита трансформатора; 10 – опорна плита введення; 11 – 6 порцеляновий ізолятор кінцевої муфти; 12 – корпус кінцевої муфти; 13 – ізоляція введення.

# Схема підживлення дволанцюгової кабельної лінії високого тиску



1 – резервуар з маслом; 2 – бак для зливу масла; 3 – вакуум-насос; 4 – кінцева муфта; 5 – розгалужувальна муфта; 6 – трубопровід КЛ.

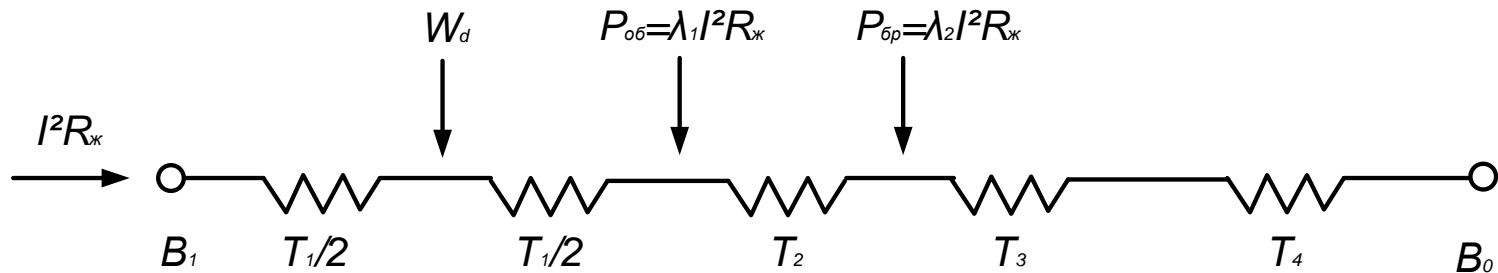
# Прокладання кабелів низького тиску в траншеї в лотках



1 – кабелі 110 кВ; 2 – лоток Л-3; 3 – засипка (просіяний ґрунт або спеціальна суміш), 4 – кабель зв'язку; 5 – цегла; 6 – плита П-1.



# Розрахункова схема теплового балансу кабельної лінії



$I$  - струм в провіднику кабелю, А;  $R_{жк}$  - електричний (активний) опір жили кабелю змінного струму на одиницю довжини кабелю, Ом;  $T_1$  - тепловий опір між провідником і оболонкою (тобто практично - тепловий опір ізоляції) на одиницю довжини кабелю,  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{м})/\text{Вт}$ ;  $T_2$  - тепловий опір між оболонкою і бронею на одиницю довжини кабелю,  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{м})/\text{Вт}$ ;  $T_3$  - тепловий опір зовнішніх захисних покривів кабелю на одиницю його довжини,  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{м})/\text{Вт}$ ;  $T_4$  - тепловий опір середовища навколо кабелю (зовнішній тепловий опір кабелю) на одиницю довжини кабелю,  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{м})/\text{Вт}$ ;  $W_d$  - діелектричні втрати в ізоляції кабелю на одиницю його довжини, Вт;  $n$  - число жил кабелю;  $\lambda_1$  і  $\lambda_2$  - відношення втрат відповідно в металевій оболонці і броні до втрат в струмоведучих жилах (коефіцієнт втрат).

# Рівняння теплового балансу

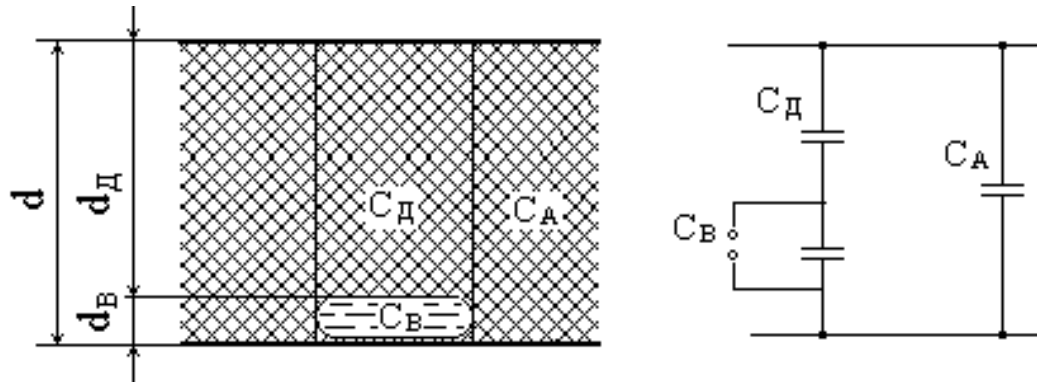
$$P_{об} = \lambda_1 P_{жс} = \lambda_1 I^2 R_{жс};$$

$$P_{бп} = \lambda_2 P_{жс} = \lambda_2 I^2 R_{жс};$$

$$\Delta\Theta = \Theta_{жс} - \Theta_{навк.сер} = \left( I^2 R_{жс} + \frac{1}{2} W_d \right) T_1 + \\ \left[ I^2 R_{жс} (1 + \lambda_1) + W_d \right] n T_2 + \left[ I^2 R_{жс} (1 + \lambda_1 + \lambda_2 + W_d) \right] n (T_3 + T_4);$$

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\Theta - W_d \left[ \frac{T_1}{2} + n(T_2 + T_3 + T_4) \right]}{R_{жс} T_1 + n R_{жс} (1 + \lambda_1) T_2 + n R_{жс} (1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)}};$$

# Еквівалентна схема при розгляді ч.р. у діелектрику

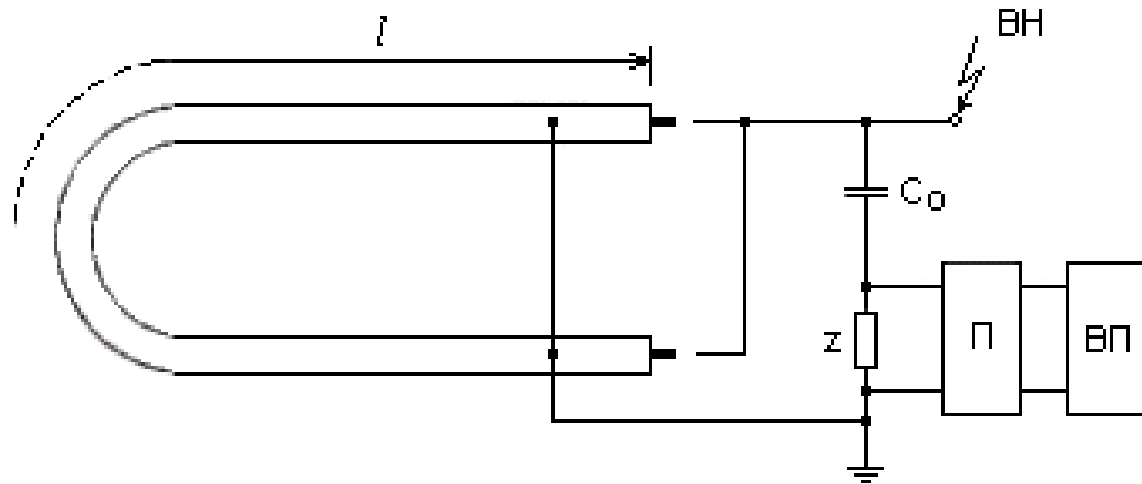


$C_B$  – ємність елемента діелектрика, який бере участь в ч.р. (ємність включення);

$C_D$  – ємність частини діелектрика, розташованою послідовно з включенням;

$C_A$  – ємність іншої частини діелектрика, що залишилась

# Схема вимірювання характеристик ч.р. в ізоляції кабелів



$C_0$  – з’єднувальна ємність;  $z$  – вимірювальний елемент;  
П – підсилювач; ВП – вимірювальний пристрій