

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БЕЗПЕРЕРВНОГО КОНТРОЛЮ ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ В МЕРЕЖІ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ НАПРУГОЮ ДО 1000 В ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ДАНИХ СИСТЕМ

*В.С. Хілов, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Україна
К.П. Фофанов, Державне підприємство «Конструкторське Бюро «Південне», Україна*

Сформульовані основні вимоги до систем безперервного контролю. Проаналізовані основні проблеми та напрямки їх вирішення у створенні систем контролю опору ізоляції в мережі з ізольованою нейтраллю напругою до 1000 В. Наведені основні тенденції розвитку систем виміру опору ізоляції та їх недоліки.

Постановка проблеми та її зв'язок із прикладними задачами.

В процесі експлуатації систем електропостачання однією з основних причин порушення нормального режиму роботи окремих електроустановок і системи в цілому є виникаючі короткі замикання, які є всякими випадковими або навмисними, не передбаченими нормальним режимом роботи, електричне з'єднання різних точок електроустановки між собою або із землею, при якому струми різко зростають, перевищуючи найбільший допустимий струм тривалого режиму, в ланцюгах, що примикають до місця виникнення цього з'єднання, в разі з'єднання із землею однієї фази (полюси) електроустановки, елементи якої працюють з ізольованою або резонансно заземленою нейтраллю.

Короткі замикання виникають в результаті порушення ізоляції електроустановок, різних причин, що є слідством: старіння ізоляції в процесі експлуатації електроустановки; перенапружень; прямих ударів блискавки; механічних пошкоджень; накидів сторонніх предметів на струмоведучі частини; незадовільного догляду за електроустановкою; помилкової дії обслуговуючого персоналу.

Наслідками коротких замикань є:

недопустимий нагрів електроустановки і його термічне пошкодження із-за значного підвищення струмів (у 10-15 разів і більше); поява великих зусиль між струмоведучими частинами, які можуть привести до їх механічного пошкодження і руйнування;

зниження напруги і спотворення його симетрії, що негативно позначається на роботі споживачів. Так, при пониженні напруги на 30-40 % протягом часу не менше 1 с зупиняються електродвигуни, внаслідок чого можливі порушення технологічного циклу на підприємствах, поява браку продукції і інші наслідки, пов'язані з народногосподарським збитком;

наведення при несиметричних коротких замиканнях е.р.с. у сусідніх лініях зв'язку і сигналізації, небезпечних для обслуговуючого персоналу та апаратури;

порушення стійкості окремих елементів і режиму системи електропостачання в цілому, що приводить до виникнення аварійних ситуацій з відключенням великої кількості споживачів електричної енергії; спалах електроустановок.

Для запобігання цим небажаним явищам необхідно розробляти системи які б були в змозі оперативно відслідковувати зміни в стані ізоляції електроустановок та повідомляти обслуговуючий персонал про можливу загрозу розвитку аварійної ситуації.

Аналіз досліджень і публікацій.

Пристрої для виміру опору ізоляції за принципом дії поділяються на:

1) Пристрої, що діють за принципом використання випрямлених струмів контрольованої мережі.

У пристроях контролю опору ізоляції, діючих на принципі використання випрямлених струмів контрольованої мережі, застосовують вперше розроблені в нашій країні так звані вентильні схеми, у яких необхідні для роботи струми утворюються за допомогою трьох вентилів, підключених до фаз контрольованої мережі. Прилади контролю ізоляції на

вентильних схемах набули застосування на шахтах ФРН у виконанні фірми «Калор - Емаг» і «Сіменс - Шукерт».

Приклад такого пристрою наведений на (рис. 1) [1]. Три напівпровідникових вентиля V (рис. 1.) підключаються до фаз А, В і С контрольованої мережі через запобіжні опори r_0 . Загальна точка вентилів з'єднується із землею через кілоомметр PR і сигнальне реле K . Опір r_d обмежує струм у схемі контролю до безпечної межі. Воно повинно бути набагато більше всіх інших опорів схеми. Запобіжний опір r_0 призначений для обмеження струму в разі пробоя вентилів. Маючи у схемі ці опори, можна обійтися без плавких запобіжників. Співвідношення опорів r_0 та r_d можна вибирати самі різні. У практичних же схемах доцільно r_d приймати значно більшим r_0 , так як високоомні резистори мають значно більший розкид за параметрами, що у разі $r_d < r_0$ може призвести до небажаної асиметрії схеми.

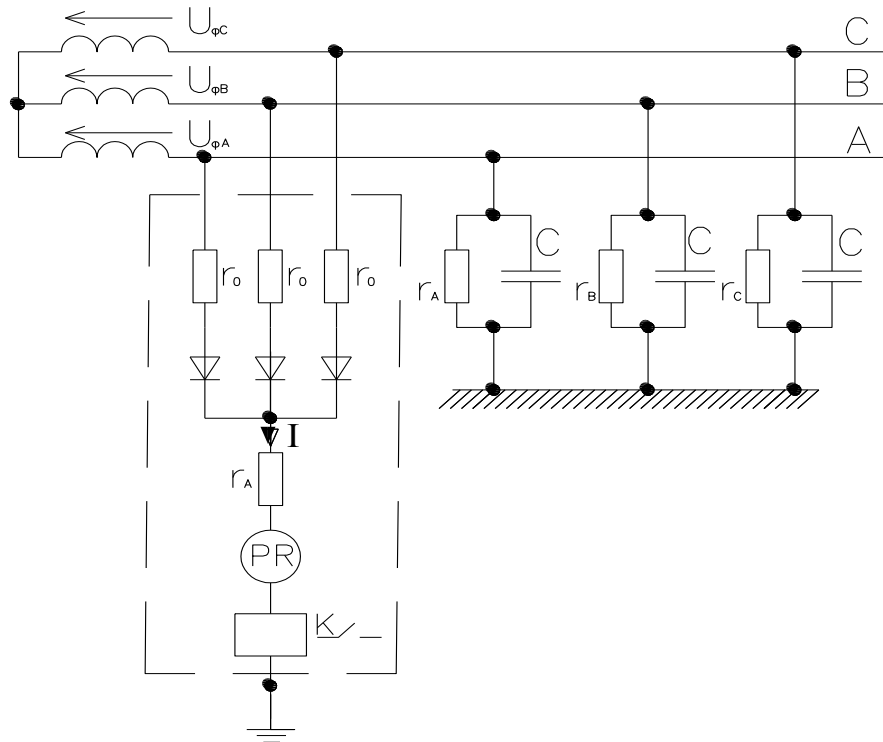


Рис. 1. Принципова схема контролю опору ізоляції випрямленими струмами контрольованої мережі

Зазвичай вибирають r_0 рівним 5-10% r_d . Кілоомметр вимірює опір ізоляції мережі відносно землі, а сигнальне реле приводить в дію світлову або звукову сигналізацію при зниженні опору ізоляції нижче встановленої межі.

У розглянутій схемі одночасно може працювати (пропускати струм) тільки один вентиль, анод якого має найбільш високий потенціал у дану частину періоду. Два інших вентиля в цей час не пропускають струм, так як їх аноди мають негативний потенціал по відношенню до катодів, загальний потенціал яких (всі катоди електрично пов'язані) відрізняється від потенціалу анода працюючого вентиля лише на невелике значення падінь напруги в ньому. Струм від одного діода до іншого переходить в момент перетину позитивних півхвиль синусоїд фазних напруг мережі. Будемо вважати, що вентилялі мають ідеальну характеристику, тобто їх опір дорівнює нулю в напрямку, що проводить струм і нескінченно велике - у зворотному. Будемо також вважати, що перехід струму з одного вентиля на інший відбувається миттєво. Як і в будь-якій іншій схемі контролю опору ізоляції, нас передусім цікавить залежності струму, що протікає через навантаження від параметрів схеми і опору ізоляції мережі. При цьому необхідно знати середнє значення струму, тому що магнітоелектричні прилади, що застосовуються, в пристроях контролю ізоляції реєструють, як відомо, середні значення струмів і напруг.

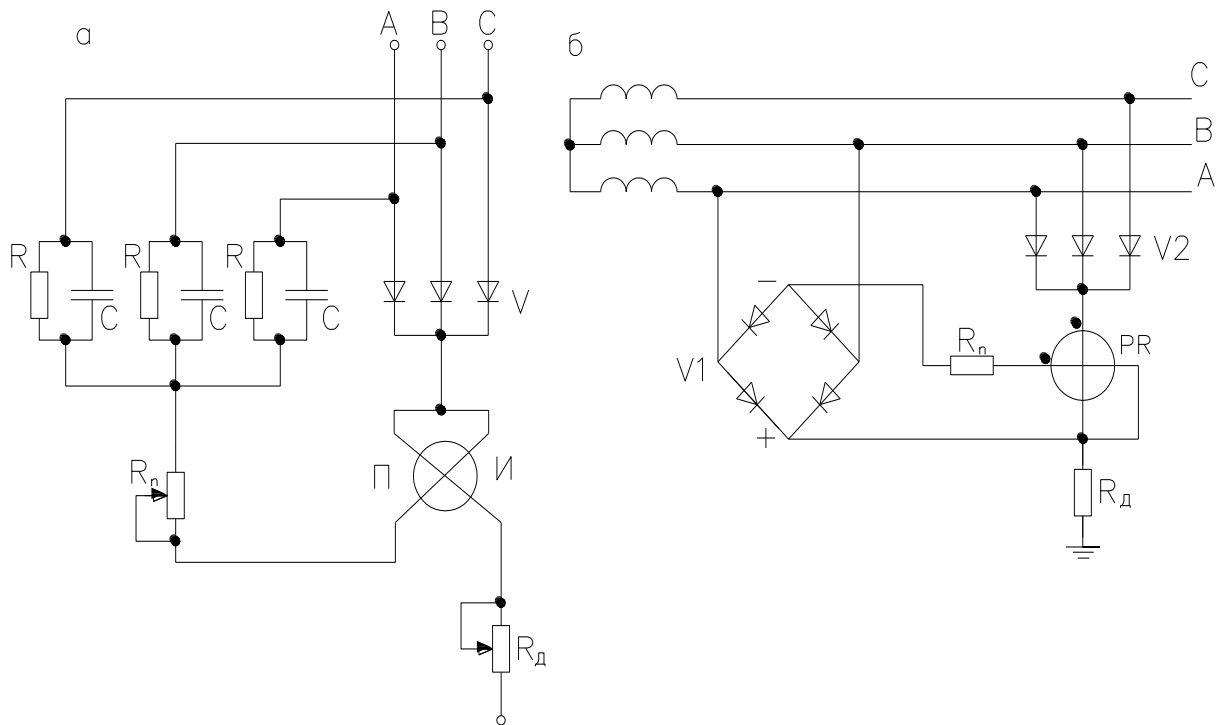


Рис. 2. Принципова вентильна схема з логометром:
 а - протидіюча рамка включена до штучної нульової точки; б - протидіюча рамка включена на випрямлену напругу контрольованої мережі

У роботі [7] показано, що середнє значення струму в вимірювальному ланцюзі не залежить від ємності мережі та визначається з рівняння

$$\bar{I} = \frac{1,5}{\pi} \frac{U_{mл}}{R_n + r_{\Sigma}} dy$$

Де $r_{\Sigma} = \frac{r_A r_B r_C}{r_A r_B + r_B r_C + r_C r_A}$ - загальний активний опір мережі відносно землі;

$U_{mл}$ - амплітудне значення лінійної напруги мережі; $r_n = r_D + r_0$ - розрахунковий опір навантаження.

Чутливість вентильної схеми σ знайдемо як відношення зміни струму \bar{dI} до зміни повного опору ізоляції мережі dr_{Σ} , тобто $\sigma = \frac{1}{I} \frac{dI}{dr_{\Sigma}} = -\frac{1}{r_n + r_{\Sigma}}$.

З цього виразу видно, що найбільша чутливість схеми має місце при малих значеннях опору ізоляції, тобто коли r_{Σ} близьке до нуля: $\sigma_m = -1/r_n$.

За умовами безпеки r_{Σ} має бути достатньо великим (звичайно близько 50-100 кОм). Для цих значень R_n чутливість σ перебуває в межах $2 \cdot 10^{-2} - 10^{-2}$ кОм⁻¹. Таким чином, навіть максимальна чутливість послідовних вентилів схем має дуже мале значення - це основний недолік.

Серйозний недолік пристроїв, що працюють на вентильних схемах, залежність їх роботи від коливань напруги мережі в зв'язку з цим низька точність вимірювання. Е.Ф. Цапеном запропонована схема, що усуває зазначений недолік. Ця мета досягається тим, що в якості вимірювального приладу використаний логометр, протидіюча рамка якого включається між загальною точкою вентилів і штучної нульової точкою (рис. 2, а) [2].

Три напівпровідникових вентиля V підключені до фаз А, В,С контрольованої мережі. Загальна точка вентилів з'єднана з вимірювальною рамкою И і протидіючою рамкою

логометра. Рамка П, що створює протидіючий момент приєднана через опір, що підстроюється РП до штучно створеної нульової точки з рівних за значенням ємностей і активних опорів R/C; вимірювальна рамка И - через обмежувачий струм опір RД до заземлювального пристрою.

При зазначеному підключенні рамок И і П логометра крива струму в рамці П, що протидіє, буде близька за формою з кривою струму в вимірювальній рамці И у зв'язку з тим, що контрольована мережа має як активний опір по відношенню до землі, так і ємнісний. Крім того, середнє значення випрямлених напруг, що діють в ланцюзі кожної рамки, матимуть рівні значення, так як середнє значення напруги в вентильній схемі контролю ізоляції мережі. За зазначених умов досягається незалежність роботи логометричного механізму від коливань напруг контрольованої мережі в широкому діапазоні і зменшується похибка вимірювання.

Якщо ізоляція контрольованої мережі не пошкоджена, то струм через вимірювальну рамку И логометра не проходить, стрілка вказує на нескінченність. При пошкодженій ізоляції через вимірювальну рамку И проходить струм, і стрілка відхиляється на значення, пропорційне загальному опору ізоляції мережі. При необхідності подачі звукового або світлового сигналу у вимірювальному приладі можуть бути влаштовані контакти, що замикаються, наприклад, стрілкою приладу і впливають на ланцюг сигналізації.

Коли протидіюча рамка включена на випрямлену лінійну напругу контрольованої мережі (рис.2, б), середнє значення струму в цій рамці

$$\bar{I} = \frac{2 U_{mл}}{\pi R_{П}}$$

Середнє значення струму у вимірювальній рамці визначається рівнянням

$$\bar{I} = \frac{1,5 U_{mл}}{\pi R_{Д} + r_{\Sigma}}$$

Оскільки створювані цими струмами моменти протилежні за напрямком, поворот рухомої частини логометра не залежить від напруг, прикладених до рамок.

У пристроях контролю ізоляції, застосовуваних у ФРН, зазначений ланцюг досягається отриманням імпульсної напруги, частота якого пропорційна опору ізоляції контрольованої мережі, і вимірюванням цієї частоти. Розглянемо принцип їх роботи на спрощеній схемі, що показана на рис. 3, а [3]

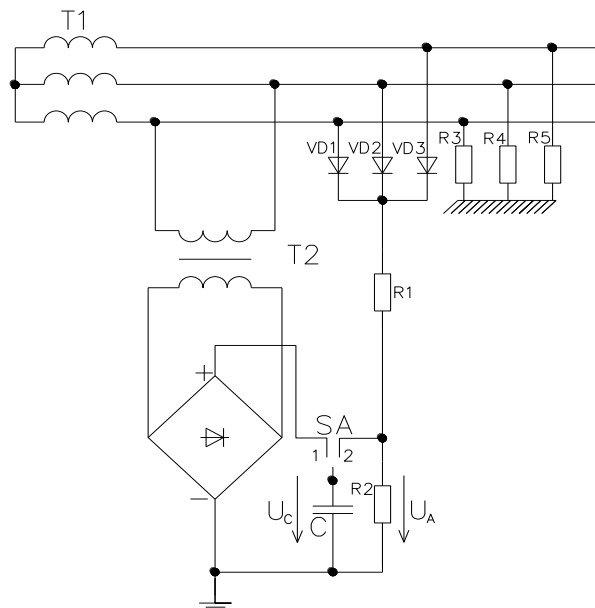


Рис. 3. Принципова схема, в якій використано принцип розряду конденсатора (а)

Послідовно з обмежувальним резистором R1 включений резистор R2, на якому встановлюється напруга U_d , пропорційне струму, що вимірюється вентильною схемою. Конденсатор С заряджається напругою U_c , пропорційним напрузі контрольованої мережі, що надходить з трансформатора Т2 через випрямний міст V1. При установці перемикача SA в положення 1 конденсатор заряджається. Після заряду конденсатора перемикач SA встановлюють у положення 2, і відбувається розряд конденсатора на резистори R2. Конденсатор буде розряджатися зі значення напруги U_c до величини U_d , що залежить від вимірювального струму, який, у свою чергу, визначається опором ізоляції контрольованої мережі.

Таким чином, час розряду конденсатора визначається тільки відношенням U_d/U_c . Оскільки вимірювальний струм змінюється пропорційно напрузі контрольованої мережі, відношення U_d/U_c не залежить від напруги заряду конденсатора. Воно визначається опором ізоляції мережі. Іншими словами, час розряду конденсатора С, яке є вимірюваною величиною, функція струму, що вимірюється i , отже, функція загального активного опору ізоляції мережі щодо землі. Цей час не залежить від коливань напруги в мережі і в даному способі вимірювання перетворюється в частоту. Якщо напруга U_d зростає, що відповідає погіршенню стану ізоляції мережі, то зменшується час, необхідний для розряду конденсатора, тобто збільшується частота спрацьовувань пристрою переключення SA.

На рис. 3, б показана залежність частоти опору від вимірювального струму вентильної схеми. До точки 1 частота змінюється дуже незначно із збільшенням струму. Однак це не має великого значення, так як ця частина кривої відповідає нормальному стану ізоляції. Із збільшенням струму крива 2 починає різко йти вгору. В якості перемикача SA (див. рис. 3, а) використовують звичайний мультивібратор, обидва конденсатора якого заряджаються поперемінно.

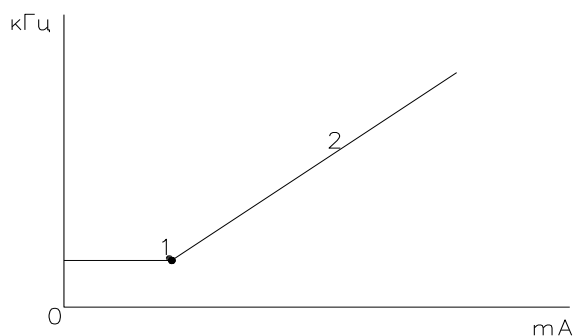


Рис. 3. Залежність частоти спрацьовування перемикача від значень вимірювального струму (б)

2) Промислові прилади на вентильних схемах.

Незважаючи на багато переваг вентильних схем, в даний час у нас практично відсутні промислові прилади безперервного контролю опору ізоляції, побудовані на цих схемах.

Промисловістю в основному випускаються прилади, побудовані на комбінованих схемах - поєднаннях вентильних з іншими схемами (наприклад, на токах нульової послідовності). Незважаючи на значні ускладнення, комбіновані схеми, як правило, не мають переваг в порівнянні з чистою вентильною схемою. До пристроїв на комбінованих схемах відносяться УАКІ, АЗАК, АЗШ.

Апарати контролю ізоляції типів АЗАК і АЗША містять так звані компенсатори - пристрої автоматичної компенсації ємнісних струмів. Ці апарати не можуть забезпечити ефективний контроль ізоляції через виключно громіздкої схеми, що має ряд принципових недоліків. Наприклад низький власний опір апарату створює підвищену небезпеку експлуатації мережі з ізольованою нейтраллю.

Для контролю опору ізоляції загальнопромислових мереж вітчизняною промисловістю випущені малогабаритні мегомметри М- 143 (рис. 4).

Затискачами 1 і 2 мегомметр приєднується до лінійних дротів контрольованої мережі, затискачем 3 - до заземленого корпусу обладнання. При наявності пошкодження ізоляції через прилад проходить струм, який викликає пропорційне відхилення рухомої частини. Шкала приладу проградуєрована в мегомах.

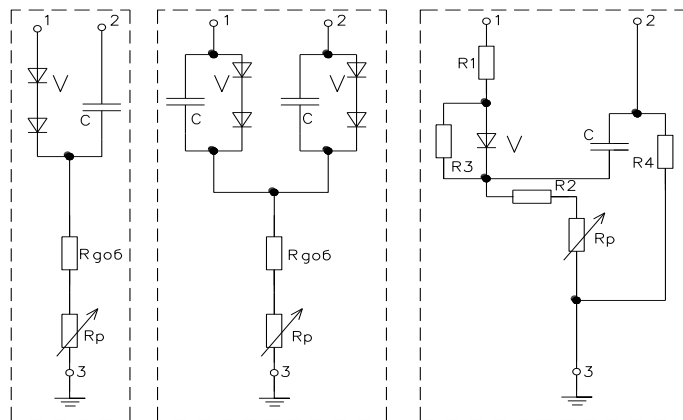


Рис. 4. Принципова схема приладу М-143:
а – на 220 В, б – на 460 В; в – з шунтуючим резистором

Легко бачити, що схема мегомметрів М- 143 (рис. 4, а, в) [4] являє собою неповну вентильну схему. Крім того паралельно діодам V приєднані ємності C . Підключення ємностей C паралельно діодам значно ускладнює процеси, що відбуваються в схемі контролю. Легко бачити зі схеми, що ємності C створюють шляхи для проходження через рамку приладів змінної складової струму i , отже, втрачається одна з головних якостей вентильної схеми. Зміна напруги струму в рамці приладу, по-перше, знижує точність вимірювання опору ізоляції, так як змінна складова струму залежить від опору ізоляції і не враховується магнітоелектричним приладом, і, по-друге, змінний струм викликає додатковий нагрів рамки. Відсутність же третього вентиля робить раму схему несиметричною, що призводить до значної зміни форми кривої струму в вимірювальній рамці залежно від характеру пошкодження ізоляції.

Прилад може бути використаний тільки в мережах з досить високим опором ізоляції, так як загальний опір ізоляції в межах від 0 до 20 кОм мегомметром М-143 з необхідною точністю виміряти не можна. Це в свою чергу - результат вельми низької чутливості приладу.

Необхідно пам'ятати, що навіть при відключеному від мережі стані на клеммах мегомметра тривалий час зберігається низька напруга, обумовлена зарядом конденсаторів. Тому при відключенні мегомметра необхідно розрядити ємність C , замкнувши на коротко затискачі 1 і 2 із затискачем 3. Для порівняння цього недоліку в схемі модернізованого приладу М- 143 М (рис. 4, в) передбачений шунтуючий резистор R_4 , що ще більше знижує властивості вентильних схем.

Таким чином, мегометри типу М-143 мають такі недоліки: проходження через рамку приладу змінного струму; складна залежність роботи вимірювального струму від опорів ізоляції; залежність роботи від коливань напруги мережі; відсутність пристрою сигналізації.

3) Пристрої, що діють по принципу накладення на контрольовану мережу оперативного струму.

При цьому виді безперервного контролю ізоляції використовують струми, створені сторонніми джерелами енергії. У вимірювального ланцюга таких схем, крім струму стороннього джерела енергії, проходить змінний струм, викликаний напругою контрольованої мережі. Для його ослаблення застосовують різні фільтруючі опори. Залежно від роду фільтруючих опорів розрізняють схеми з індуктивними і ємнісними фільтрами.

У схемі з індуктивним фільтруючим пристроєм (рис. 5) [6] в якості фільтра використовують дросель зі сталевим сердечником L , який повинен представляти великий опір змінному струму, викликаного напругою мережі, і відносно мале - постійному струму, створюваному напругою стороннього джерела. У такій схемі струм навантаження і можна представити що складається з двох складових: постійної I_m , викликаній джерелом енергії з е.р.с. E , і змінної i_{\sim} , викликаній напругою контрольованої мережі, тобто $i = I_m + i_{\sim}$.

Для постійного струму обмотки силового трансформатора мережі і асинхронних двигунів, які є основним навантаженням трифазних мереж, не уявляють майже ніякого опору. Тому постійна складова струму навантаження I_{\sim} може бути визначена з рівняння

$$I_{\sim} = \frac{3E}{3(r_{\Sigma} + R_H) + R}$$

Змінна складова струму навантаження i_{\sim} легко знаходиться за допомогою принципу накладання.

Активний опір R при виконанні штучної нульової точки, призначеної для приєднання схеми контролю до мережі, може бути також замінено трифазним дроселем. У цьому дроселі виконуються відводи, завдяки яким схема контролю може бути легко використана для мереж з різними номінальними напругами. В іншому така схема за принципом дії абсолютно аналогічна схемі з резисторами.

В якості фільтра може бути використана ємність конденсатора, підключеного паралельно навантаженню, зображена на рис. 6 [6] пунктиром.

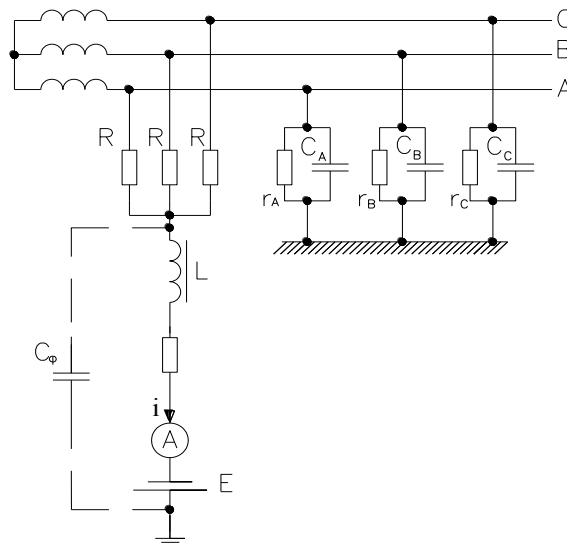


Рис. 5. Принципова схема контролю опору ізоляції, що працює на оперативному струмі

Завдяки включенню ємності C_{ϕ} змінна складова струму навантаження, створювана напругою контрольованої мережі, буде значно ослаблена, і чим більше буде ємність C_{ϕ} , тим менше змінна складова i_{\sim} . Струм навантаження записується так, як і для схем з індуктивним фільтром.

Оскільки в схемах контролю ізоляції струмами стороннього джерела змінну складову струму i_{\sim} прагнуть різними способами зробити мінімальною, то при певній чутливості потрібно вважати $i_{\sim} \approx 0$. Як і раніше, чутливість схеми визначимо як відношення зміни струму dI до зміни повного опору ізоляції мережі dr_{Σ} :

$$\sigma = \frac{3}{3(r_{\Sigma} + R_H) + R}$$

З цього виразу видно, що найбільша чутливість схеми, як і в вентиляній схемі, можлива при малих значеннях опору ізоляції, тобто коли r_{Σ} близько до нуля.

$$\text{При цьому маємо } \sigma = \frac{3}{3R_H + R}.$$

На практиці як стороннього джерела застосовують понижуючий трансформатор з випрямлячами, зібраними за схемою двох-, трьох- або однополупровідникового випрямлення. Додатковий випрямлений струм мережі, накладаючись на випрямлений струм, по-перше, перевантажує вимірювальний механізм магнітоелектричної системи і, по-друге, може стати причиною неприпустимо великої похибки вимірювання. Тому випрямлений додатковий струм повинен минути вимірювальну ланцюг. Ослаблення випрямленого струму контрольованої мережі - основна складність при практичній реалізації схем безперервного контролю ізоляції, що працюють на оперативних струмах. Для досягнення цієї мети доцільно застосовувати резонансні загороджувальні фільтри.

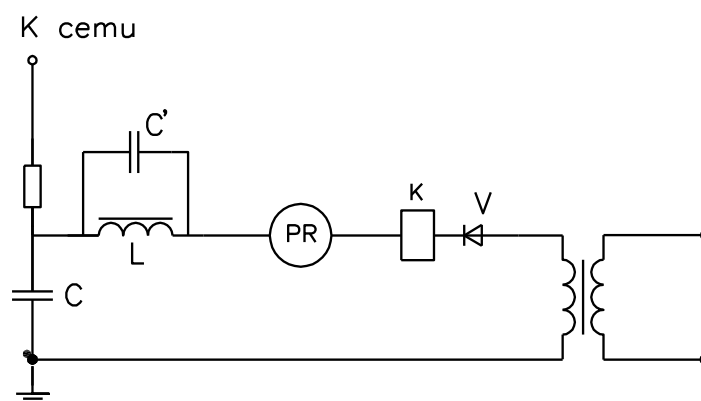


Рис 6. Принципова схема з додаванням великої ємності C і загороджувального фільтра

На рис. 6 показана принципова схема, в якій ослаблення випрямленого струму контрольованої мережі досягається за допомогою порівняно великої ємності C і резонансного загороджувального фільтра CL. Істотний недолік таких схем полягає в тому, що вимірювальний струм приладу, що залежить від опору ізоляції, проходячи через котушку індуктивності фільтра, викликає підмагнічування її сердечника і змінює цим індуктивність котушки. У результаті порушується умова резонансу і контур не буде повністю перегороджувати шлях струмів робочої частоти мережі. З цієї точки зору доцільніше без індуктивні фільтри, наприклад типу RC. Загальний недолік схем з різними фільтрами складність відбудови схеми від впливу змінного струму.

Постановка задачі дослідження. Під безперервним (автоматичним) контролем ізоляції мережі розуміють отримання інформації про її стан, аналіз цієї інформації з точки зору безпеки та вироблення в залежності від результатів аналізу відповідної дії.

Розробці приладів і пристроїв безперервного контролю ізоляції приділяється велика увага. У теперішній час відомо досить багато різних схем пристроїв безперервного контролю ізоляції. Основні властивості та особливості цих схем визначаються видом струму, що проходить по вимірювальному ланцюгу і реле і залежного від опору ізоляції та ємності контрольованої мережі. За значеннями цих струмів градууються контрольні-вимірювальні прилади і вибирають уставки реле пристроїв та приладів безперервного контролю ізоляції. Знаходження аналітичної чи експериментальної схеми та опору ізоляції мережі відносно землі - головне завдання, яке необхідно вирішувати, щоб досліджувати, розрахувати і розробити будь-який сучасний пристрій безперервного контролю ізоляції.

Основний матеріал і результати дослідження. При розробці нових приладів для контролю ізоляції повністю враховують все зростаючі вимоги до безпеки в електроустановках. Прилади на рівні сучасної техніки контролю ізоляції можуть значно

підвищити рівень безпеки навіть у найскладніших умовах, а їх доцільний вибір представляє собою серйозне завдання для проектувальників електроустановок

Контроль опору ізоляції мережі відносно землі в загальному випадку передбачає вирішення наступних завдань: вимірювання опору ізоляції мережі відносно землі в процесі роботи електричної установки; автоматичну сигналізацію (звукову або світлову) при зниженні опору ізоляції нижче заздалегідь встановленої межі; відключення мережі або її окремих ділянок при аварійному стані ізоляції, наприклад при однофазному замиканні на землю.

Необхідно відзначити, що пристрої безперервного контролю опору ізоляції можуть виконувати ще одну важливу роль відключати мережу від напруги при однополюсних дотиках людини до фаз мережі, тобто вони можуть здійснювати захисне відключення.

Цей вид контролю ізоляції проводиться, як правило, під робочою напруга контрольованої мережі. Необхідність безперервного контролю опору ізоляції обумовлюється тим, що як б не були ретельно проведені періодичні експлуатаційні вимірювання та ремонт мережі, в період між двома черговими експлуатаційними випробуваннями ізоляція може опинитися в аварійному стані.

Прилади й пристрої безперервного контролю опору ізоляції, призначені для сигналізації без відключення мережі, повинні відповідати таким основним вимогам:

Робота приладу не повинна залежати від ємностей фаз мережі, тобто прилад повинен вимірювати активний опір мережі відносно землі незалежно від ємності фаз мережі відносно землі; реагувати як на симетричне, так і на несиметричне зниження опору мережі щодо землі, схема повинна мати достатньо високий внутрішній опір, щоб підключення приладу до мережі не приводило до значного зниження загального опору мережі щодо землі, а також здійснювати попереджувальну (звукову або світлову) сигналізацію про зниження опору нижче встановленої межі; бути досить надійним в роботі при всіх видах ушкоджень, на які прилад повинен реагувати.

Чим простіша схема контролю і чим менше вона містить реле, контактів та інших елементів, тим вона надійніша.

У тих випадках, коли пристрій безперервного контролю ізоляції призначений також для відключення мережі та її окремих ділянок при пошкодженні ізоляції, до нього пред'являються ряд додаткових вимог. Основні додаткові вимоги полягають у наступному:

1) з точки зору безпеки експлуатації та надійності роботи електричної мережі необхідно мати захист з найменшим часом відключення. Час відключення складається з часу дії захисту і часу дії автоматичного вимикача t_g , т.б. $t_{откл} = t_z + t_g$.

Для пристрою контролю з відключенням $t_{откл}$ приймається рівним 0,1-0,2 с [5]. Це означає, що відключення аварійної ділянки або мережі в цілому повинно здійснюватися за час не більше 0,1-0,2 с;

2) неможливість помилкових спрацьовувань схеми захисту при різних перехідних процесах. Ця вимога має особливо важливе значення при швидкодіючих відключеннях;

3) незалежність роботи схеми захисту від коливань напруги в мережі в умовах вимикання повинно особливо добре виконуватися тому, що навіть при допустимих коливаннях напруги вже про її неправильної при цьому роботі;

4) схема повинна мати підвищену точність роботи, споживати по можливості малі струми і не бути причиною зниження опору фаз мережі відносно землі;

5) схема в необхідних за умовами роботи випадках повинна виконувати селективне відключення, тобто вона повинна бути здатною визначати місце ушкодження і відключати тільки пошкоджену ділянку мережі.

Конкретні технічні вимоги до пристроїв безперервного контролю ізоляції викладені в ГОСТ 22929-78.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Як зазначалося вище знаходження аналітичної чи експериментальної схеми та опору ізоляції мережі відносно землі - головне завдання, яке необхідно вирішувати, щоб досліджувати, розрахувати і розробити будь-який

сучасний пристрій безперервного контролю ізоляції. Маючи в своєму розпорядженні цю залежність, легко також встановити головну характеристику приладу - чутливість як відношення приросту струму вимірювального ланцюга до приросту опору ізоляції мережі. При відсутності ж такої залежності взагалі не можна говорити про вимірювальні властивості тієї чи іншої схеми, а в багатьох випадках виявляється скрутним навіть розуміння принципу дії пропонованої схеми. Однак для більшості наведених у літературі схем безперервного контролю ізоляції ці головні залежності не встановлені. Зрозуміло, що в такому випадку важко проаналізувати ту чи іншу схему, виявити її переваги і недоліки і, нарешті, не можна бути впевненим, що дана схема відповідає необхідним вимогам і сама не є причиною погіршення умов безпеки.

Незважаючи на важливість питань безперервного контролю опору ізоляції як за технологічними умовами, так і за умовами безпеки, промисловістю випускається досить невелике число різних типів приладів безперервного контролю ізоляції для електроустановок напругою до 1000 В.

Отже є необхідність у подальшому дослідженні схем заміщення мережі, які будуть більш детально відображати процеси що відбуваються в системі електропостачання. Розробці на їх основі нових математичних моделей для розрахунку процесу. Модернізації вже існуючих пристроїв за допомогою інтеграції в них передових комп'ютерних технологій. Які в свою чергу дозволять не тільки виконувати з більшою точністю розрахунки, але і дадуть змогу створити статистичний набір даних при протіканні швидкозмінних у часі процесів. Ці данні в свою чергу стануть основою для подальшого вдосконалення і у уточнення вже створених схем та пристроїв.

Список літератури

1. Взрывобезопасное электрооборудование на 1140 В для угольных шахт. Под ред. Е.С. Траубс. М.: Недра, 1982.
2. Полупроводниковые выпрямители. Под ред. Ф. И. Ковалева, Г. П. Мостковой. М.: Энергия, 1978.
3. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М.: Недра, 1976.
4. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М.: Недра, 1976.
5. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Справочник по преобразовательной технике. Под ред. И.М. Чиженко. Киев: Техника, 1978.
7. Сычев Л.И., Цапенко Е.Ф. Шахтные гибкие кабели и электробезопасность сетей. М.: Недра, 1978, 215с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Д.О. Кошевой, Национальный горный университет, Украина

Изложен алгоритм определения электрических нагрузок главных подъемных установок с учетом технических и технологических аспектов

Являясь одним из наиболее мощных электроприемников, шахтные подъемные установки потребляют до 20...25 % всей электроэнергии по шахте. Соотношение мощностей для некоторых шахт ДТЭК «Павлоградуголь» приведены в таблице 1.