

УДК 621.317.333

М. В. Романюк**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРІОДИЧНОГО КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ОКРЕМИХ ПОЛЮСІВ ДВОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

З метою зменшення впливу перехідних процесів, зумовлених зміною навантаження РМПС, запропоновано метод періодичного контролю та розроблено принципову схему пристрою для періодичного контролю ізоляції окремих полюсів двопровідної мережі постійного струму.

Ключові слова: контроль ізоляції, двопровідна мережа постійного струму.

Рис. 2. Форм. 3. Літ. 7.

Н. В. Романюк**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ПОЛЮС ДВУХПРОВОДНОЙ СЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

С целью уменьшения влияния переходных процессов, обусловленных изменением нагрузки РМПС, предложен метод периодического контроля и разработана принципиальная схема устройства для периодического контроля изоляции отдельных полюсов двухпроводной сети постоянного тока.

Ключевые слова: контроль изоляции, двухпроводная сеть постоянного тока.

M. V. Romaniuk**DEVELOPMENT OF DEVICE FOR PERIODIC MONITORING OF ISOLATION OF SOME POLE TWO-WIRE DC network**

In order to reduce the influence of transients caused by load changes RAMSI, the method of periodic monitoring and developed schematic diagram of the device for periodic isolation control of individual poles of two-wire DC network.

Keywords: control insulation, two-wire DC network.

Вступ. Розподільні мережі постійного струму застосовують для живлення різних споживачів в гірничорудній, вугільній, хімічній, машинобудівній та інших галузях промисловості, а також як оперативні на електричних станціях та підстанціях. Найбільш розповсюдженими є двопровідні мережі постійного струму. Досвід експлуатації розподільних мереж постійного струму (РМПС) показав [1-8], що характерним видом пошкодження в них є однополюсне замикання на землю, яке складає не менше ніж 95 % від загальної кількості пошкоджень. Такий вид пошкодження призводить до виникнення міжфазного к.з., пожеж, вибухів, ураженням людини електричним струмом, простою високопродуктивних машин і механізмів, хибного спрацювання релейного захисту і автоматики на електричних станціях і підстанціях.

Наявна система технічного обслуговування РМПС [1] є регламентною та застосовує систему діагностування, що періодично повторює діагностичні цикли. Існуючі засоби безперервного контролю ізоляції мають різний рівень чутливості до зміни значень провідності ізоляції полюсів відносно землі та не реагують на симетричне зниження опору ізоляції полюсів відносно землі [2, 20], що накопичує приховані дефекти ізоляції. Засоби захисного вимкнення двопровідних мереж постійного струму на промислових підприємствах хоча і забезпечують виконання існуючих стандартів електробезпеки, але на всьому діапазоні зміни опору ізоляції полюсів мають „перезахист”, тобто хибно спрацьовують і невинно вимикають живлення високопродуктивних машин і механізмів. Недосконала оцінка технічного стану опору ізоляції полюсів відносно землі засобами безперервного та періодичного контролю ізоляції, а також захисного вимкнення робить неефективною систему технічного обслуговування РМПС [8]. Оптимізувати взаємодію між об'єктивним процесом заміни технічного стану ізоляції та суб'єктивним процесом технічної експлуатації можна шляхом виявлення прихованих дефектів на основі застосування більш чутливих до зміни параметрів ізоляції методів контролю ізоляції полюсів мережі відносно землі та струму витікання на землю через шунтувальний зв'язок.

Тому **метою** є вдосконалення методів безперервного і періодичного контролю ізоляції та захисного вимкнення з метою створення діагностичного забезпечення керування технічним станом ізоляції полюсів відносно землі РМПС під час їх експлуатації, що збільшить період їх безвідмовної роботи, зменшить недовідпуск електроенергії споживачам, є актуальною науково-прикладною задачею.

Результати досліджень. З метою зменшення впливу перехідних процесів, зумовлених зміною навантаження РМПС, запропоновано метод періодичного контролю, який передбачає

вимірювання напруги U_v та струму I між загальною точкою дільника напруги, підключеного до РМПС, та землею, за результатами значень яких обчислюється загальний опір мережі відносно землі.

Принципова схема пристрою зображена на рис. 1. Основними елементами схеми є: дві однакові батареї конденсаторів C_{Π} , що періодично вмикаються між полюсами мережі та землею за допомогою кнопок з автоматичним поверненням $SB1$ та $SB2$; випрямляч $VD1$ для отримання однополярного сигналу; піковий детектор $DA1$, що фіксує максимальне значення струмів заряду конденсаторів C_{Π} ; перетворювач UZ результату ділення U/I в часовий інтервал; одновібратор $G1$ для пуску генератора імпульсів прямокутної форми $G2$; логічний елемент "2І-НІ" $DD 1.1$, блок індикації HG ; блок живлення БЖ; дільник напруги контрольованої мережі $ДН$ ($R8, R9, R10, C3$); блок контролю пристрою БК ($R9, SB5$); кнопки $SB3$ для скидання результатів вимірювання; $SB4$ для перемикання діапазону шкали приладу; $SB5$ для штучного замикання полюса на землю при перевірці на функціонування пристрою; $SB6$ для ввімкнення джерела живлення; проміжне реле KL ; запобіжники $F1 - F3$.

При підготовці приладу до роботи при натиснутій кнопці $SB4$ приєднують його затискачами $XS1$ до контрольованої мережі постійного струму, а затискачами $XS3$ – до мережі змінного струму 220 В, 50 Гц. Перевіряють його на функціонування шляхом штучного створення кола витікання струму від'ємного полюса мережі через резистор $R9$. Натискають послідовно кнопки $SB6, SB5$ і короткочасно $SB1$, при цьому приєднується блок живлення БЖ до схеми приладу. Контактми реле $KL1.1, KL1.3$ конденсатор $C3$ під'єднується до входу " U " перетворювача UZ і створюється коло заряду конденсатора C_{Π} . Струм заряду конденсатора C_{Π} викликає падіння напруги на резисторі $R3, R4$. На вході пікового детектора $DA1$ виникає додатний потенціал, який запам'ятовується конденсатором C_2 і через підсилювач $DA2$ подається на вхід " I " перетворювача UZ сигналу.

Одночасно з цим замикається контакт $SB1.3$ і запускається одновібратор $G1$; на його виході логічний нуль змінюється логічною одиницею. Запускається схема перетворювача U_2 . На виході його з'являється сигнал, довжина якого пропорційна результату від ділення напруги контрольованої мережі U_0 на струм $i_1(0)$ через C_{Π} в момент комутації.

На першому виході логічного елемента $DD1.1$ з'являються короткі імпульси тактового генератора $G2$, а на другому – довгий імпульс з виходу перетворювача UZ . При цьому кількість імпульсів буде пропорційна результату від ділення $U_0/i_2(0)$. Ці імпульси рахують послідовно з'єднані лічильники блока сигналізації HG , на індикаторах якого висвітлюється значення контрольованого опору. Якщо його величина відповідає опору резистора $R9$ 100 кОм, то пристрій готовий до роботи.

У випадку відпускання кнопки $SB1$ конденсатор $C_{\Pi 1}$ розряджається на резистор R_{c1} . Інформація про результати вимірювання зберігається до натискування кнопки $SB3$ "Скидання". На індикаторі висвітлюються нулі.

Для вимірювання опору ізоляції контрольованої мережі відпускають кнопки $SB5$ та $SB3$ і приєднують затискач XS_2 до "землі" контрольованої мережі.

Опір ізоляції додатного полюса вимірюють шляхом натискання, утримання та відпускання кнопки $SB2$. В цьому випадку буде заряджатись конденсатор $C_{\Pi 2}$ по колу "-" контрольованої мережі, $C_{\Pi 2}, VD1, R3, R4$, опір ізоляції $R1$ полюса "+" контрольованої мережі. В іншому робота схеми буде такою ж, як і при його перевірці. У випадку вимірювання опору ізоляції від'ємного полюса натискають і відпускають кнопку $SB3$ "Скидання", а потім $SB1$. Конденсатор $C_{\Pi 1}$ заряджається по колу "+" контрольованої мережі, $C_{\Pi 1}, VD1, R3, R4$, "земля", опір ізоляції полюса R_2 "+" контрольованої мережі.

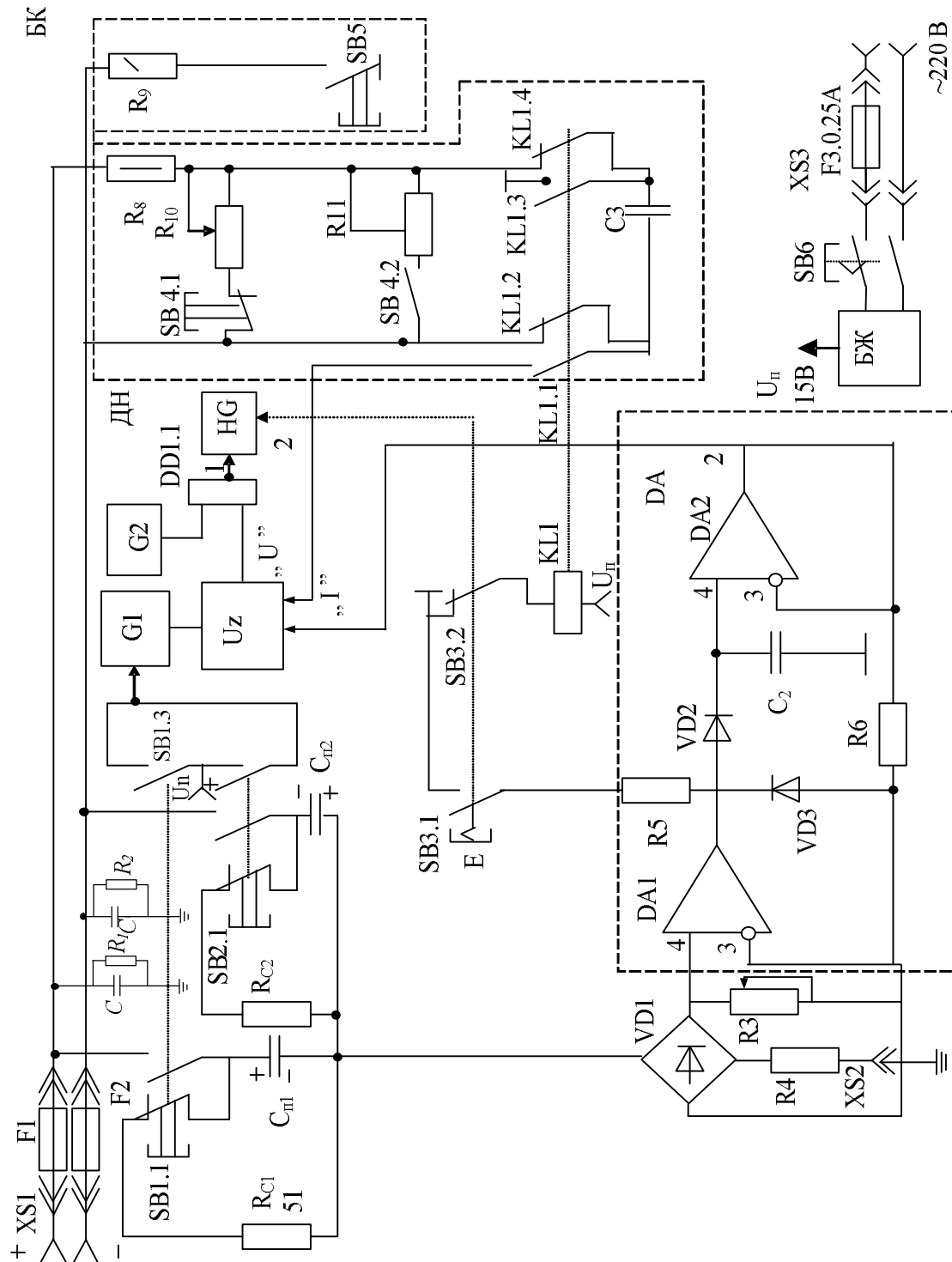


Рис. 1. Принципова схема для визначення опору ізоляції полюса двопровідної мережі постійного струму

Перетворювач UZ (Рис. 2) складається: із інтегратора на операційному підсилювачі $DA3$, $DA4$ компаратора на операційних підсилювачах, асинхронного тригера на логічних елементах $DD1.1$ і $DD1.2$, польових транзисторів $VT4$ і $VT5$, аналогових перемикачів на транзисторах $VT1$, $VT2$ та інвертора на транзисторі $VT3$.

У початковому стані на виході перетворювача рівень логічного нуля, а на інверсному виході $DD1.1$ – логічної одиниці. Транзистор $VT1$ відкритий і формує сигнал на затворі польового транзистора $VT5$, достатній для його відкриття, від'ємний потенціал напруги живлення

потрапляє на вхід (2) компаратора $DA4$, що переводить його в стан додатного насичення. Схема зсуву рівня аналогічна тій, що застосована на виході тригера, вмикається до виходу 6 компаратора.

Напруга на виході компаратора $DA4$ призводить до відкриття транзистора $VT4$, який є транзисторним ключем, керуючим роботою інтегратора. В початковому стані $VT4$ замкнений і на виході інтегратора напруга відсутня.

Транзисторний ключ $VT2$ формує імпульс скидання для тригера під дією додатного потенціалу на виході компаратора, $VT3$ здійснює інвертування сигналу. Керування тригером здійснюється від'ємними імпульсами по входах 9 і 13, що формуються диференційними ланками. Діоди $VD5$, $VD6$ захищають входи від додатних імпульсів, що перевищують напругу живлення.

Пусковий імпульс переводить тригер в новий стан, і на його виході (11) з'являється рівень логічної одиниці. Закриваються транзистори $VT1$, $VT5$, і вихід інтегратора приєднується до інтегруючого входу компаратора $DA4$, який переходить у від'ємне насичення. Транзистор $VT4$ закривається, і починається процес інтегрування вхідного сигналу.

Напруга на виході інтегратора змінюється від нуля до максимального від'ємного значення за лінійним законом

$$U_{\text{вих}} = \frac{k_3}{R_i C_i} \int_0^t i_k(0) dt = \frac{k_3}{R_i C_i} i_k(0) t_i, \quad (1)$$

де R_i – опір на вході інтегратора;

C_i – ємність зворотного зв'язку інтегратора;

k_3 – коефіцієнт перетворення сигналу, що подається на "Вхід І";

t_i – довжина імпульсу.

Напруга на вході 3 компаратора $DA4$ є опорною і пропорційною напрузі контрольованої мережі, тобто $U_{on} = k_u U_0$, де k_u – коефіцієнт перетворення (в дільнику напруги ДН).

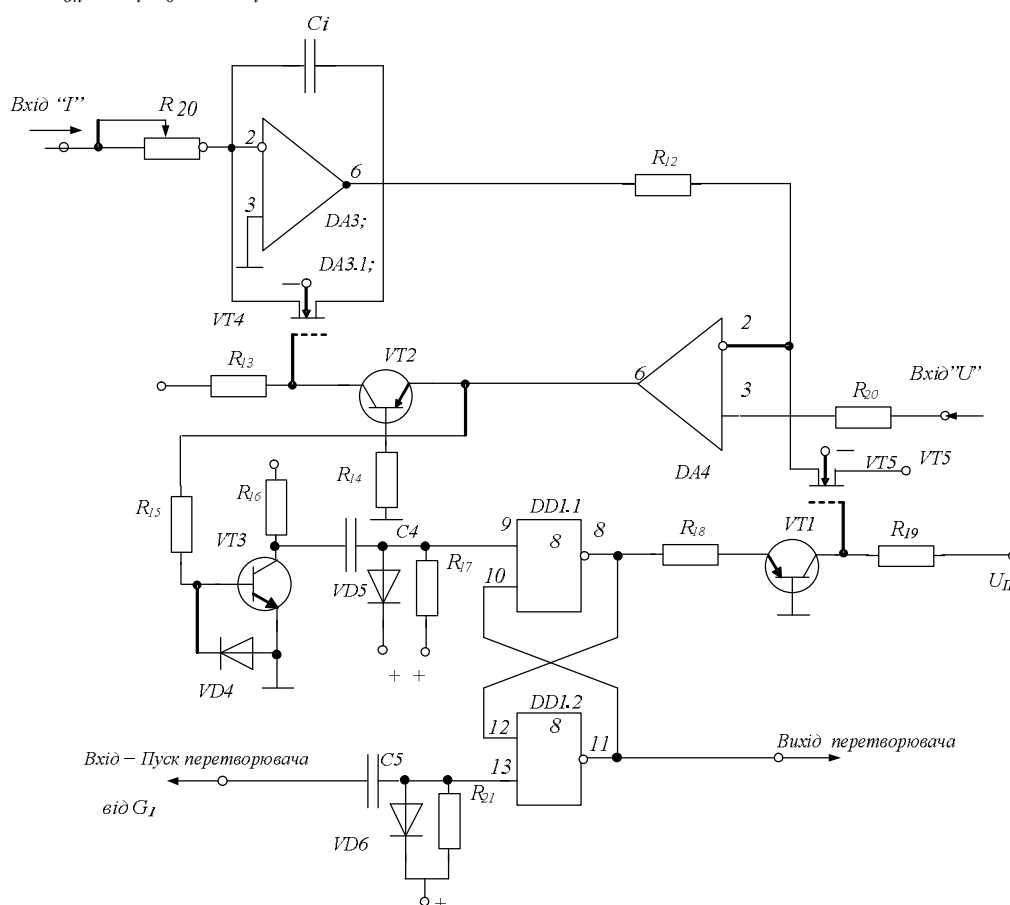


Рис. 2. Принципова схема перетворювача

У момент рівності напруги на вході інтегратора і на інвертуючому вході компаратора інтегратор намагається перейти в додатне насичення та реалізується залежність

$$\frac{k_3}{R_i C_i} i_k(0) t_i = k_4 U_0, \quad (2)$$

звідки

$$t_1 = \frac{k_4}{k_3} R_i C_i \frac{U_0}{i_k(0)} = k_5 \frac{U_0}{i_k(0)}, \quad (3)$$

де $k_5 = \frac{k_4}{k_3} R_i C_i$.

Висновки. Розроблена принципова схема пристрою для періодичного контролю ізоляції. Пристрій застосовує вимірювання максимального значення струму заряду додатково введенного конденсатора між полюсом мережі та землею і напруги двопровідної мережі постійного струму. За відношенням цих величин можна визначити опір полюса мережі відносно землі. Ємність мережі, яка змінювалась в межах 0–2 мкФ не впливає на результати вимірювання. Похибка зростає зі зменшенням омичного опору полюса. Несиметрія ізоляції полюсів збільшує похибку вимірювання.

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила: Об'єднання енергетичних підприємств "Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики" : ГДК 34.20.507 – 2003. – Київ, 1998. – 329 с.
2. Гумин И. Я. Вторичные схемы электрических станций и подстанций / И. Я. Гумин, М. И. Гумин, В. Ф. Устинов. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 176 с. – Бібліогр.: С. 174-176.
3. Чулков Н. Н. Электрификация карьеров / Н. Н. Чулков. – М.: Недра, 1974. – 344 с.
4. Кутін В. М. Метод та пристрій захисного вимикання в двопровідних мережах постійного струму / В. М. Кутін // Промислова електроенергетика та електромеханіка: Промелектро. – 2003. – № 5. – С. 34-40.
5. Косарев В. И. Электробезопасность в системах электроснабжения железнодорожного транспорта / Косарев В. И., Зелвянский Я. А., Сибаров Ю. Г. – М.: Транспорт, 1983. – 200 с.
6. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети / А. В. Фрайфельд – М.: Транспорт, 1984. – 328 с.
7. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов / В. Ф. Веклич. — М.: Транспорт, 1990. — 295 с.
8. Антипов К. М. О повышении надежности работы устройств релейной защиты, автоматики и технологических защит при замыканиях на землю в сети постоянного тока / К. М. Антипов // Противоаварийный циркуляр № Ц-10-87Х.-2.10.87.

Стаття надійшла до редакції 24.09.2014.