

ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АВТОМОДУЛЯЦИИ К ВАРИАЦИЯМ ЕМКОСТИ СЕТИ

Панкратов А. И.

Рассмотрена структура устройства автоматического контроля входного сопротивления электрических цепей методом параметрической автомодуляции. Проведена оценка точности автоматического контроля сопротивлений изоляции электрических сетей методом параметрической автомодуляции. Получены значения изменения относительной погрешности контроля сопротивлений изоляции в зависимости от изменения емкости сети, которые подтвердили адаптивность контроля сопротивления изоляции к вариациям ее емкостной составляющей при нулевой частоте автомодуляции. Установленная адаптивность контроля сопротивлений изоляции к вариациям ее емкостной составляющей, высокая точность контроля существенно повысит надежность защитного отключения электрических сетей, обеспечит повышение уровня электробезопасности и защиту от пожаров и взрывов в шахтах, опасных по газу и пыли.

Розглянуто структуру пристрою автоматичного контролювання вхідного опору електричних кол методом параметричної автомодуляції. Проведено оцінку точності автоматичного контролю опору ізоляції електричних мереж методом параметричної автомодуляції. Отримані значення зміни відносної похибки контролю опору ізоляції в залежності від зміни ємності мережі, які підтвердили адаптивність контролю опору ізоляції до варіацій її ємнісної складової при нульовій частоті автомодуляції. Встановлена адаптивність контролю опору ізоляції до варіацій її ємнісної складової, висока точність контролю істотно підвищить надійність захисного відключення електричних мереж, забезпечить підвищення рівня електробезпеки та захист від пожеж і вибухів у шахтах, небезпечних по газу і пилу.

The structure of the automatic control the input resistance of electrical circuits using parametric auto-modulation has been discussed. The accuracy of the automatic insulation resistance control electrical networks using parametric modulation. The values of changes in the relative error insulation monitor depending on changes in network capacity, which confirmed the adaptive insulation resistance control to variations in its capacitive component at zero frequency auto-modulation. Installed insulation monitor adaptability to the variations of the capacitive component, high-precision control will significantly improve the reliability in the tripping of electrical networks, will improve the level of electrical safety and protection against fires and explosions in mines, hazardous gas and powder.

Панкратов А. И.

канд. техн. наук, доц. кафедры АПП ДГМА
app@dgma.donetsk.ua

УДК 621.317.33

Панкратов А. И.

**ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
СОПРОТИВЛЕНИЙ ИЗОЛЯЦИИ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
АВТОМОДУЛЯЦИИ К ВАРИАЦИЯМ ЕМКОСТИ СЕТИ**

Основным средством защиты от электропоражений в электроустановках является изоляция их токоведущих частей. Особо остро стоит эта проблема при эксплуатации нестационарных электроустановок при разработке полезных ископаемых открытым и подземным способом.

При снижении сопротивления изоляции ниже нормируемого Правилами безопасности уровня высока вероятность возникновения пожаров и взрывов в шахтах опасных по газу и пыли. Существующие способы и устройства контроля сопротивлений изоляции электрических сетей основаны на косвенном методе – контроле токов утечки [1, 2], которые могут изменяться при вариациях как активной, так и емкостной составляющих сопротивлений изоляции.

Недостатками этих устройств является нечувствительность к симметричным снижениям сопротивлений изоляции фаз сети, низкая точность контроля, его сложность, связанная с наличием блоков автоматической компенсации емкости сети. Контроль входного сопротивления активной электрической цепи методом параметрической модуляции впервые предложен автором [3, 4].

Целью работы является оценка адаптивности контроля сопротивления изоляции методом параметрической автомодуляции к вариациям емкости сети.

Схема, поясняющая работу устройства контроля изоляции методом параметрической автомодуляции с нулевой частотой [5] приведена на рис. 1.

Устройство защитного отключения электрической сети содержит подключенные между заземленным корпусом 1 электроустановки 2 и электрической сетью 3 в точке *a* последовательно соединенные тарированное сопротивление 4, датчик 5 выпрямленного тока, диод 6. Параллельно диоду 6 подключен датчик 7 напряжения. Выход датчика 5 выпрямленного тока подключен к первому входу блока 8 деления, выход датчика 7 напряжения подключен ко второму входу блока 8 деления, выход которого соединен со вторым входом компаратора 9, первый вход которого связан с задатчиком 10 сопротивления, а выход компаратора 9 соединен с выключателем 11 источника питания 12 электрической сети 3. Устройство работает следующим образом.

При подключении устройства к защищаемой сети 3 с источниками синусоидальных ЭДС частотой f_C в ней будет возникать модулированный ток I_M частотой $f_M = 0$ автомодуляции. Модулированный ток, создаваемый автомодулятором (диодом 6), контролируется датчиком 5 выпрямленного тока. Протекание модулированного тока в сети создает падение напряжения U_M частотой $f_M = 0$ на входном сопротивлении защищаемой сети 3 в точке *a* относительно земли, которое контролируется датчиком 7 выпрямленного напряжения. Выделенные датчиками 5 и 7 сигналы I_M и U_M поступают в блок 8 деления, в котором определяется величина общего сопротивления изоляции сети 3:

$$R_{II} = \frac{U_M}{I_M} - R_T, \tag{1}$$

где R_T – тарированное сопротивление 4 (рис. 1).

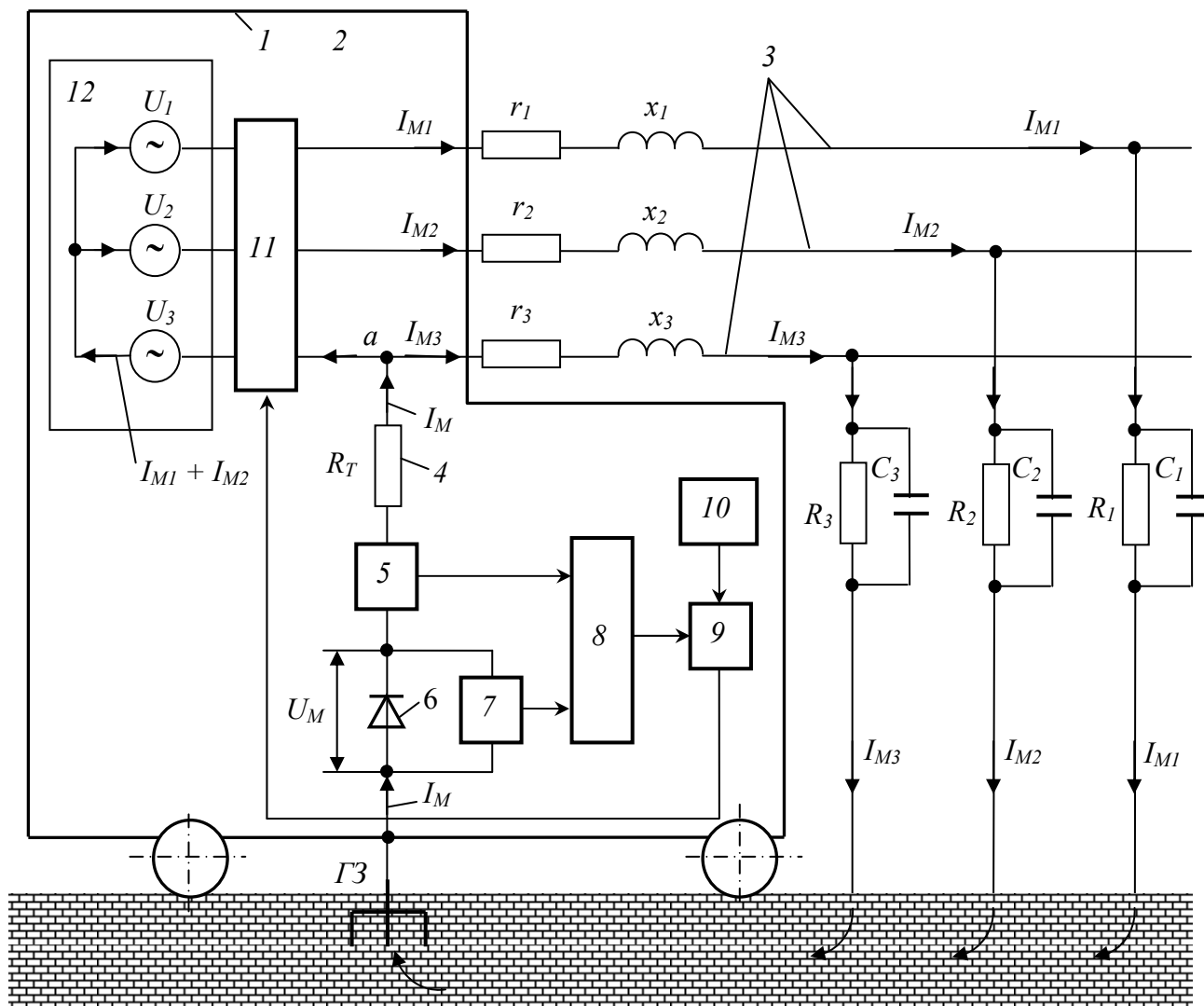


Рис. 1. Схема, поясняющая работу устройства контроля изоляции методом параметрической автомодуляции с нулевой частотой

Величина контролируемого сопротивления R_{II} постоянно сравнивается в компараторе 9 с предельно допустимым значением, задаваемым задатчиком 10 сопротивления. При недопустимых снижениях сопротивления изоляции с выхода компаратора 9 поступает сигнал на выключатель 11, который отключает сеть с поврежденной изоляцией.

Устройство позволяет контролировать как симметричное так и несимметричное снижение сопротивления изоляции электрической сети, т. к. с учетом малости внутренних сопротивлений источника питания и проводников линий электропередачи контролируемое сопротивление определяется как величина обратная суммарной проводимости изоляции сети:

$$R_{II} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где R_1, R_2, R_3 – сопротивления изоляции трех фаз соответственно (рис. 1).

Если существует верхний предел каждой из проводимостей, то существует предел их суммы, в связи с чем существует предельное значение для симметричного и несимметричного снижения сопротивления изоляции.

Устройство абсолютно адаптивно к изменениям емкостной составляющей сопротивления изоляции, т. к. выпрямленный однополярный ток не протекает через емкости каждой фазы относительно земли (рис. 1). Зарядный ток емкостей существует кратковременно, только в начальный момент включения устройства. Например, для емкости сети $C = 0,5$ мкФ/км и сопротивления провода сети $r_c = 0,1$ Ом/км, протяженности сети $L = 2$ км постоянная заряда емкости каждой фазы сети представляет ничтожно малую величину $t = r_c C = 0,1 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 0,00000012$ с.

Оценка адаптивности автоматического контроля сопротивления изоляции к вариациям емкости сети и точности контроля этим способом выполнена методом имитационного моделирования в программной среде Electronics Workbench. На рис. 2 приведена схема модели, составленная на основе Г-образной схемы замещения электрической сети. К трехфазному источнику ЭДС E1-3 через трехфазную сеть подключен трехфазный асинхронный двигатель с противоЭДС ED1-ED3.

Электрическая сеть имеет активные сопротивления изоляции фаз r_1-r_3 и емкости C_1-C_3 по отношению к земле. Модулированное напряжение U_m измерялось вольтметром V_m , модулированный ток – амперметром I_m , а сопротивления изоляции в точке k определялось по формуле [2] $R = U_m / I_m - R_t$.

Истинные значения сопротивлений изоляции в точке k определялись по методу вольтметра – амперметра при зашунтированных источниках ЭДС и подключением вместо диода VD источника оперативного напряжения E .

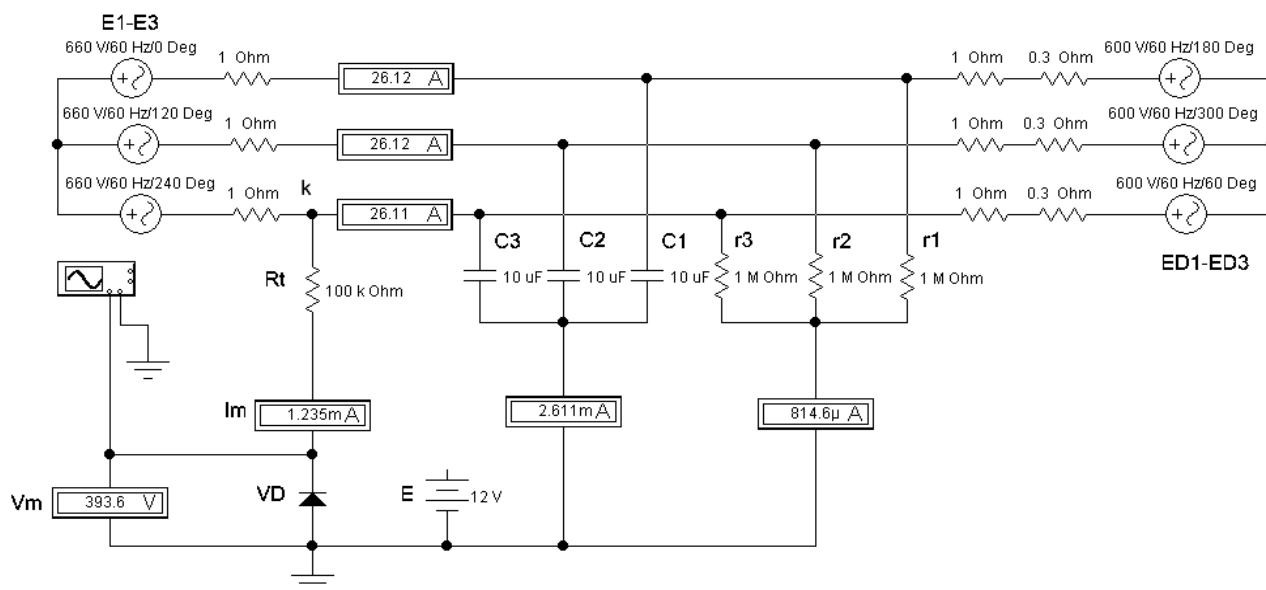


Рис. 2. Схема модели сети 0,66 кВ в среде Electronics Workbench

В табл. 1 представлены значения сопротивлений, измеренных в нормальном режиме и при изменении сопротивления изоляции одной фазы и относительные погрешности δR .

Таблица 1

Отклонения значений сопротивлений изоляции от истинных значений

	Норм. режим	$r_1 = \text{var}$					
		910 кОм	455 кОм	226 кОм	113 кОм	56 кОм	33 кОм
$R_{\text{ист}}, \text{ Ом}$	266666,7	240867,1	221975,6	195918,4	167340,7	141911,1	127551
$R, \text{ Ом}$	268326,4	240776,1	223189,3	197658,9	168330,8	142753	128252,5
$\delta R, \%$	0,622	0,037	0,546	0,888	0,591	0,593	0,549

В табл. 2 представлены значения сопротивлений, измеренных при изменении сопротивлений изоляции одновременно во всех фазах и относительные погрешности δR .

Таблица 2

Отклонения значений сопротивлений изоляции от истинных значений

	$r_1 = r_2 = r_3 = var$					
	910 кОм	455 кОм	226 кОм	113 кОм	56 кОм	33 кОм
$R_{ист}, Ом$	258788	202634,3	161442,2	133839	117647,1	110599,1
$R, Ом$	284273,1	205425,5	162376,2	134476,7	117244,7	111167,9
$\Delta R, Ом$	3548,1	2791,2	934	637,75	392,4	568,8
$\delta R, \%$	1,371	1,377	0,578	0,476	0,432	0,514

В табл. 3 представлены значения сопротивлений, измеренных при изменении собственной емкости сети одновременно во всех фазах, а также рассчитанные абсолютные и относительные погрешности измерения.

Таблица 3

Отклонения значений сопротивлений изоляции от истинных значений

	$C1 = C2 = C3 = var$					
	6 мФ	3 мФ	1,5 мФ	0,75 мФ	0,36 мФ	0,18 мФ
$R_{ист}, Ом$	266666,7	266666,7	266666,7	266666,7	266666,7	266666,7
$R, Ом$	268222,4	268417,4	268232	268316,2	268417,4	268210,1
$\Delta R, Ом$	1555,7	1750,7	1565,3	1649,5	1750,7	1543,4
$\delta R, \%$	0,583	0,656	0,586	0,618	0,656	0,578

ВЫВОДЫ

Метод параметрической модуляции дает возможность автоматически контролировать симметричные и несимметричные уменьшения сопротивлений изоляции с погрешностью не более 1,5 %.

Установленная адаптивность контроля сопротивлений изоляции к вариациям ее емкостной составляющей, высокая точность контроля существенно повысит надежность защитного отключения электрических сетей, обеспечит повышение уровня электробезопасности и защиту от пожаров и взрывов в шахтах, опасных по газу и пыли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребченко М. В. Теоретичні основи побудови захистно-діагностуючої автоматики вузлів електричних систем з двигунами. Ч. 2. Функції оперативного діагностування ізоляції електрообладнання / М. В. Гребченко // Збірник наукових праць Донецького національного технічного університету. Донецьк : ДонНТУ, 2002. – Випуск 50. – С. 53–61. – (Серія «Електротехніка і енергетика»).
2. Колосюк В. П. Защитное отключение рудничных электроустановок / В. П. Колосюк. – М. : Недра, 1998. – 323 с.
3. Панкратов А. И. Диагностика электрооборудования ковшовых машин методом параметрической модуляции / А. И. Панкратов // Перспективні технології та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – 1999. – С. 123–127.
4. А. с.1035017 (СССР). МКИ G01R 31/02. Устройство для контроля входного сопротивления электрической цепи / А. И. Панкратов. – Оубл. в 1993; Бюл. № 29. – 4 с. : ил.
5. Пат. (Україна), МПК H02H3/17. Пристрій захисного відключення електричної мережі / Панкратов А. І. – Заявл. 24.06.2011. – 4 с.: ил.

Статья поступила в редакцию 17.10.2011 г.