

РЕГИСТРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Для измерения напряжений прикосновения (шага) и потенциалов заземлителя обычно используются многошлейфовые светолучевые осциллографы, которые не всегда обеспечивают необходимую точность измерения и требуют значительных трудозатрат квалифицированных измерителей на подготовку схемы измерения. Кроме того, не исключено искажение результатов измерения электромагнитными и электростатическими наводками в длинных измерительных цепях.

Все эти недостатки осциллографирования напряжения прикосновения неизбежны даже при экспериментальном коротком замыкании, когда измерения заранее тщательно подготавливаются. Чтобы расширить область объективных познаний, необходимо на большем числе электроустановок регистрировать напряжения прикосновения, причем не при экспериментальных коротких замыканиях, а при фактических аварийных ситуациях в сети. Первой попыткой в этом направлении явилось применение ферромагнитных датчиков [1]. Однако они не вышли из стадии лабораторных исследований из-за следующих недостатков: низкой точности, малого входного сопротивления, сложности расшифровки измеренной величины, нелинейности характеристики преобразователя и т.д.

В данной работе описывается регистратор напряжений прикосновения, который является модификацией импульсного ампервольтметра [2]. Достоинством этого регистратора является то, что он автоматически включается только при появлении входного сигнала достаточной величины, а после запоминания автоматически отключается. Измеряемая величина хранится до снятия показания обслуживающим персоналом. Включение регистратора только на время измерения значительно снижает потребление энергии от источников питания, что упрощает его эксплуатацию и не требует частой проверки и замены элементов питания.

Принципиальная схема регистратора приведена на рис. 1.

При появлении сигнала на входе устройства срабатывает оптрон OT1, который через открытый канал транзистора V6 подключает источник питания Б1 к схеме устройства.

На реле К1-К4 (РЭС-64А) появляются напряжения:

$$U_{K1} = U_{K2} = U; \quad (1)$$

$$U_{K3} = U_{K4} = U \frac{R_K}{2R_K + R_{15}}, \quad (2)$$

$$\text{где } U = U_{B1} - U_{OT1} - U_o \left(2 - \sqrt{1 - \frac{I_{OT1}}{nI_o}} \right) + \frac{U_o}{2 \cdot I_o \cdot R} -$$

$$- \sqrt{\left(\frac{U_o}{2 \cdot I_o \cdot R} + 1 \right)^2 - \frac{U_{B1} - U_{OT1} - U_o \left(1 - \sqrt{1 - \frac{I_{OT1}}{nI_o}} \right)}{I_o R}};$$

$$I_{OT1} = \frac{2U_{K1} + U_{K3}}{R_K},$$

где U_{B1} - напряжение источника питания Б1; U_{OT1} - остаточное напряжение на фототиристоре; I_{OT1} - ток фототиристора; R_K - сопротивление обмоток реле; $U_o I_o$ - напряжение отсечки и ток стока насыщения транзисторов V4 - V6; R - сопротивление в цепях транзисторов V5, V6, причем $R_{V6} = 0,5R_K$; $R_{V5} = 2R_K + R_{14}$; n - число транзисторов V4, включенных параллельно.

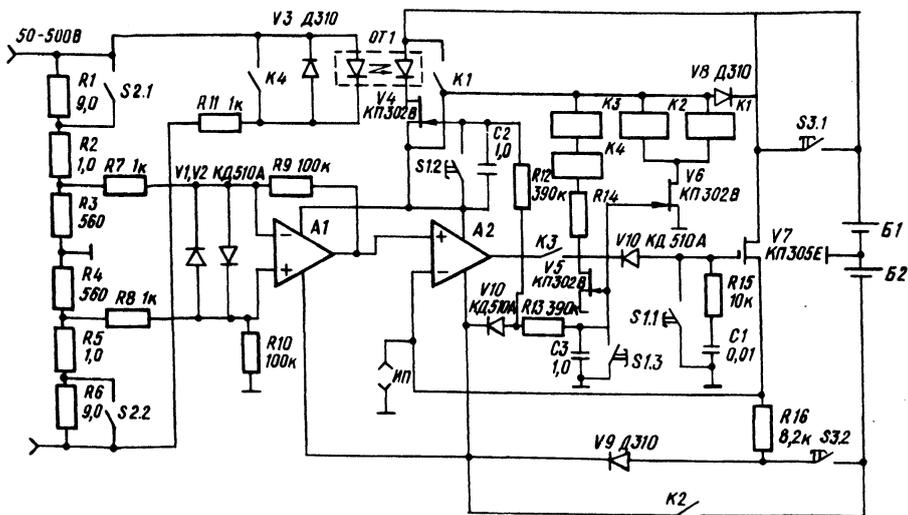


Рис. 1. Принципиальная схема регистратора напряжения прикосновения.

Если $U_{K1} \geq U_{\text{ср}}$, а $U_{K3} < U_{\text{ср}}$, то срабатывают только реле K1 и K2. Контакты реле K1 шунтируют фототиристор и транзистор V4, что вызывает увеличение напряжения на реле K3 и K4 достаточного для их срабатывания. Измерительная часть схемы переводится в рабочий режим и фиксирует измеряемую величину. Отрицательное напряжение от источника питания B2 через диод V10 подается на интегрирующие цепочки R12-C2, R13-C3, что приводит к постепенному закрыванию транзисторов V4, V5 и V6. Через некоторое время ток, протекающий через реле K1-K4, уменьшится ниже порога отпускания, что приводит к отключению схемы регистратора от источников питания и накопительного конденсатора C1 от схемы заряда.

Время удержания реле K1-K4:

$$t_{K1} = R13 \cdot C3 \cdot \ln \left[\frac{U_{B2}}{U_{B2} - U_0 \left(1 - \sqrt{\frac{U_{K\text{отп}}}{U_{K1}}} \right)} \right]; \quad (3)$$

$$t_{K3} = R13 \cdot C3 \cdot \ln \left[\frac{U_{B2}}{U_{B2} - U_0 \left(1 - \sqrt{\frac{U_{K\text{отп}}}{U_{K3}}} \right)} \right], \quad (4)$$

где $U_{K\text{отп}}$ - напряжение отпускания реле K1-K4; U_{K1} , U_{K3} - напряжения на реле K1 и K3, определяемые из выражений (1) и (2) при $U_{\text{от1}} = 0$ и $I_{\text{от1}} = 0$.

Исследование схемы, представленной на рис. 1, дало следующие значения напряжений и времени удержания (табл. 1).

Таблица 1

Параметры схемы	Напряжение на реле, В				Время удержания реле, с	
	до срабатывания K1		после срабатывания K1			
	K1	K3	K1	K3	K1	K3

$U_B = 9В$

$n = 3$

3,2 1,6 4,8 2,6 0,4 0,3

$R14 = 390 \text{ Ом}$

$U_B = 12В$

$n = 1$

3,3 1,4 5,7 2,9 0,3 0,2

$R14 = 680 \text{ Ом}$

Измерительная часть схемы состоит из делителя Е, выполненного по симметричной схеме для ослабления синфазной помехи, предварительного усилителя А1 (К1УТ4001Б), включенного по дифференциальной схеме, и аналогового запоминающего устройства (АЗУ) [3]. Для увеличения постоянной времени разряда накопительного конденсатора С1 (типа ФТ-2) используется истоковый повторитель на транзисторе V 7. Улучшение линейности характеристики АЗУ достигается применением глубокой отрицательной обратной связи, охватывающей истоковый повторитель и зарядную схему на А2 (К1УТ401Б).

Для снятия показания к входу "ИП" подключается стандартный вольтметр постоянного тока, например Ц-4323, и замыкаются контакты кнопки S3. Сброс показания осуществляется кнопкой S1, а переключение пределов тумблером S2.

Описанный регистратор имеет следующие характеристики: пределы измерения - 50-500 В; время включения - 3 мс; длительность фиксируемого импульса не менее - 0,08 с; спад напряжения - 0,05% ч; погрешность измерений - 2,5%; потребление от источников питания менее - 10 мкА·ч; габариты 70х50х90 мм; масса - 0,25 кг.

Л и т е р а т у р а

1. Гуль В.И., Измайлов О.Е. К вопросу о методике регистрации с помощью ферромагнитных датчиков напряжений прикосновения и шага. - В сб.: Надежность и электробезопасность электрооборудования в районах Крайнего Севера. Норильск, 1977, с. 149-153. 2. Гончарик Е.П., Куприянович Ю.М., Ямный О.Е. Оценка электробезопасности в животноводческих помещениях. - Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1978, № 8, с. 11-12. 3. Волгин Л.И. Измерительные преобразователи переменного напряжения в постоянное. - М.: Советское радио, 1977, с. 189-192.

УДК 338:6П2

Л.Р.Сущенок

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ АНАЛИЗА РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В настоящее время экономическому анализу работы электрических сетей уделяется недостаточное внимание, хотя на их сооружение и эксплуатацию затрачиваются сотни миллионов рублей.