

## СЕЛЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ НА ПОЛУПРОВОДНИКАХ

А. И. ЗАЙЦЕВ, Л. А. ЗАСПАНОВ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Обеспечение высоких темпов электрификации народного хозяйства является, как известно, основой технического прогресса и технической вооруженности труда. Все более широкое использование электроэнергии ставит перед нами задачу обеспечения максимально безопасных условий ее применения.

Одним из опасных режимов работы электрической сети является пробой изоляции одной из фаз электродвигателей и электрических аппаратов на корпус, в результате чего обслуживающий персонал может оказаться под напряжением, величина которого в сетях с изолированной нейтралью достигает фазного значения. Кроме того, при пробое изоляции возможно возникновение искрения, что при наличии соответствующей среды может привести к взрыву или пожару.

В сетях с заземленной нейтралью разработаны совершенные селективные защиты от подобных замыканий. Однако для сетей с изолированной нейтралью таких селективных защит до настоящего времени не создано. Ниже дается описание схемы селективной защиты от замыканий на землю для сетей с изолированной нейтралью. Схема была испытана на Томском заводе резиновой обуви. Испытания дали хорошие результаты и полностью подтвердили возможность создания таких схем.

Предлагаемая схема селективной защиты реагирует на направление и величину мощности нулевой последовательности, протекающей по защищаемому фидеру при замыкании фазы на землю. Схема (рис. 1) состоит из фильтров тока и напряжения нулевой последовательности, фазовращательного моста и одного каскада фазочувствительного усилителя мощности, собранного на полупроводниковых элементах.

Схема рассчитана на применение в качестве фильтра тока нулевой последовательности кабельного трансформатора тока. Фильтром напряжения, как уже указывалось [1], в низковольтных сетях может служить трехфазный дроссель, в высоковольтных — пятистержневой трансформатор напряжения, либо три однофазных трансформатора, вторичные обмотки которых включены в открытый треугольник.

Фазовращательный мост предназначен для ликвидации 90-градусного угла сдвига между током и напряжением нулевой последовательности, что дает возможность увеличить коэффициент усиления

мощности и соответственно чувствительность защиты. Мост позволяет регулировать сдвиг напряжения по фазе в пределах  $180^\circ$ . Включение обмотки трансформатора фазовращательного моста, имеющей большое сопротивление, между землей и „нулем“ фильтра напряжения нулевой последовательности дает возможность ограничить величину тока, протекающего на землю через дроссель, до любых малых величин, т. е. практически устранить влияние дросселя на величину тока замыкания на землю.

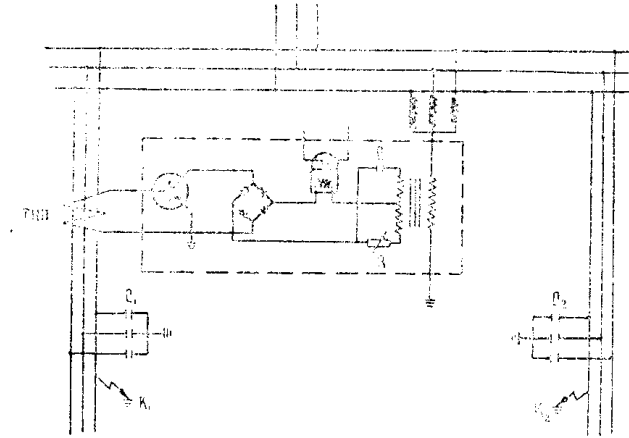


Рис. 1.

Усиление мощности, снимаемой с фильтров тока и напряжения нулевой последовательности, осуществляется плоскостным полупроводниковым триодом, включенным по схеме с общим эмиттером.

Исполнительным органом защиты служит чувствительное реле, обмотка которого, шунтированная диодом, включена через выпрямительный мостик в цепь коллектора триода. При замыкании фазы на землю в цепи коллектора, питающей реле, возникает ток  $I_p$ , величина которого определяется значениями напряжения и тока нулевой последовательности, а также углом сдвига между ними. Для достижения максимального значения тока  $I_p$  необходимо устранить угловой сдвиг, что достигается регулировкой величины сопротивления  $R$  (рис. 1). Значение оптимального сопротивления  $R$  зависит от параметров схемы защиты и подлежит определению только один раз — во время ее наладки. Направление тока, протекающего через реле, изменяется на  $180^\circ$  при замыкании в зоне (точка  $k_1$ ) и вне зоны (точка  $k_2$ ) защиты. Для селективности действия обмотка реле шунтируется диодом так, чтобы реле срабатывало при замыкании в зоне защиты.

Чувствительность защиты определяется током срабатывания реле.

В таблицах 1 и 2 приведены экспериментальные данные исследования описанной защиты в лабораторных условиях.

Таблица 1

Влияние емкости сети на ток  $I_p$

	Емкость сети вне зоны защиты, $C_2$ [pF]							Примечание
	1	2	4	6	8	10	12	
Ток в обмотке реле при замыкании в зоне защиты $I_p$ [mA]	0,1	0,41	2,5	5,1	6,0	6,5	7,0	Емкость в зоне защиты $C_1 = 2 \mu F$

Влияние переходного сопротивления на ток  $I_p$ 

	Емкость сети вне зоны защиты $\mu\text{F}$	Переходные сопротивления, $\text{ом}$							Примечание
		0	50	75	150	250	500	1000	
Ток в обмотке реле $I_p [mA]$	6	6,00	5,80	5,30	3,80	1,60	0,27	0,04	Емкость в зоне защиты $C_1 = 0,5 \mu\text{F}$
	2	0,45	0,43	0,41	0,35	0,28	0,12	0,03	
	0,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,06	0,04	

Измерения проводились при напряжении сети  $U_c = 220 \text{ в}$ . В качестве фильтра напряжения применен дроссель из реле утечки РУВ-2. В качестве фильтра тока—образцовый трансформатор тока типа УТТ-5. Число первичных витков—1.

Последующие контрольные испытания на Томском заводе резиновой обуви подтвердили результаты лабораторных исследований и надежность работы защиты.

### Выводы

1. Схема защиты обладает селективностью действия, не зависящей от соотношения величин токов в зоне и вне зоны защиты.

2. Чувствительность защиты определяется только величиной тока срабатывания исполнительного реле и при применении поляризованных реле может быть очень высокой. При необходимости чувствительность может быть увеличена применением двухкаскадной схемы усиления мощности.

3. По своим параметрам и простоте исполнения описанная схема обладает большими преимуществами по сравнению с наиболее чувствительной схемой избирательной защиты, применяющейся в настоящее время в сетях торфяных предприятий.

4. Схема может быть рекомендована для применения как в сетях с изолированной нейтралью низкого напряжения, так и в подобных сетях высокого напряжения.

5. Особый интерес описанная схема должна представлять для сетей торфяных предприятий и для участков сетей угольных шахт. В последнем случае схема может быть применена для совместного действия с реле утечки.

### ЛИТЕРАТУРА

А. И. Зайцев, Л. А. Запанов. Селективная защита от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью. Известия ТПИ, т. 97, 1959.