

# Видеоурок по курсовой работе “Защита фидеров тяговой подстанции и постов секционирования двухпутного участка переменного тока с узловой схемой питания”

Настройка параметров модели в среде  
SimPowerSystems Matlab

Выполнение курсовой работы заключается в разработке схемы модели двухпутного участка переменного тока 25 кВ с узловой схемой питания, расчете уставок защит фидеров контактной сети тяговой подстанции и поста секционирования, настройке параметров модели участка и защит, проведении модельных экспериментов. Соответствующие исходные данные выбираются в зависимости от цифр заданного шифра, по табл. 1 и 2.

# Таблица 1

Исходные данные	последняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность к.з. на шинах 110кВ подстанций А и Б, МВ·А (в числителе – в режиме максимума энергосистемы, в знаменателе – в режиме минимума)	$\frac{800}{500}$		$\frac{1000}{700}$		$\frac{600}{400}$		$\frac{900}{600}$		$\frac{700}{500}$	
Тип, мощность и напряжения понижающих трансформаторов на А и Б	ТДТНЭ 25000/110 – 69 115/38, 5/27,5		ТДТНЭ 40000/110 115/27, 5/11		ТДТНЭ 25000/110 – 69 115/27, 5/6, 6		ТДТНЭ 40000/110 115/38, 5/27, 5		ТДТНЭ 25000/110 – 69 115/27, 5/11	
Фидера подстанции и поста секционирования, защита которых подлежит расчёту (рис. 1)	В <sub>1</sub> В <sub>3</sub>		В <sub>2</sub> В <sub>4</sub>		В <sub>7</sub> В <sub>5</sub>		В <sub>8</sub> В <sub>6</sub>		В <sub>1</sub> В <sub>3</sub>	
Наличие телеблокировки	нет		есть		нет		есть		нет	

## Таблица 2

Исходные данные	Предпоследняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстояние между подстанциями А и Б, $l$ , км	50		48		52		54		46	
Тип контактной подвески	ПБСМ1-95+МФ100		М95+МФ100		ПБСМ2-95+МФ100		М120+МФ100		ПБСМ1-70+МФ100	
Тип рельсов	Р 50		Р 65		Р 50		Р 65		Р 50	
Максимальный ток нагрузки фидера подстанции, А	450		550		500		600		400	
Максимальный ток нагрузки фидера поста секционирования, А	225		275		250		300		200	

Таблица 3

Тип подвески	Активное сопротивление 1 км контактной подвески, $r_{1кэ}$ , Ом/км	Реактивное сопротивление 1 км контактной подвески, Ом/км	
		Одного пути двухпутного участка $X_{1кэ}$	Двух путей двухпутного участка при параллельном соединении подвесок, $X_{2кэ}$
ПБСМ1-95+МФ100	0,174	0,292	0,177
ПБСМ1-70+МФ100	0,159	0,276	0,149
ПБСМ2-95+МФ100	0,172	0,291	0,177
М95+МФ100	0,094	0,254	0,158
М120+МФ100	0,085	0,254	0,158

Таблица 4

Тип рельса	Активное сопротивление 1 км рельсовых путей двухпутного участка, $\Gamma_{2p}$ , Ом/км	Реактивное сопротивление 1 км рельсовых путей двухпутного участка $X_{2p}$ Ом/км
P50	0,065	0,180
P65	0,055	0,173

Погонные сопротивления тяговой сети в общем случае будут состоять из соответствующих сопротивлений контактной подвески и рельсов. Так, сопротивление 1 км тяговой сети одного пути двухпутного участка  $Z_{01}$  будет равно:

$$\underline{Z}_{01} = (r_{1kc} + r_{2p}) + j(X_{1kcэ} + X_{2pэ}), \quad (1.9)$$

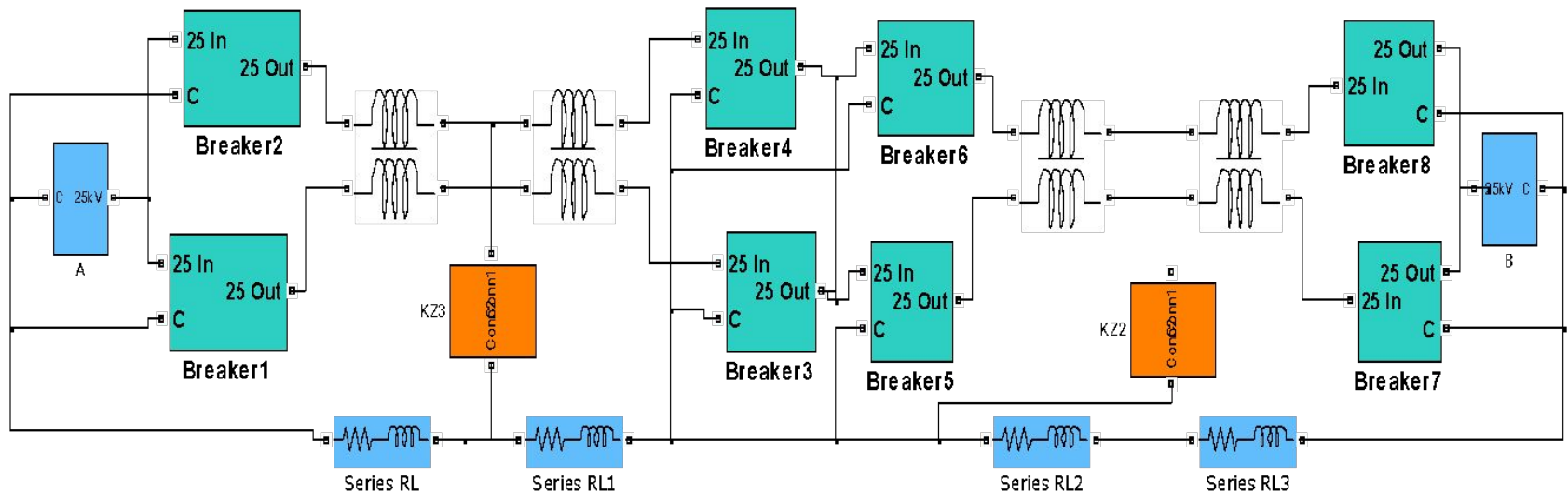
а сопротивление 1 км тяговой сети двухпутного участка при параллельном соединении подвесок  $Z_{02}$ :

$$\underline{Z}_{02} = (r_{1kc} / 2 + r_{2p}) + j(X_{2kcэ} + X_{2pэ}), \quad (1.10)$$

где  $r_{1kc}$ ,  $r_{2p}$ ,  $X_{1kcэ}$ ,  $X_{2pэ}$  — соответственно активные и реактивные сопротивления контактной подвески и рельсовых путей

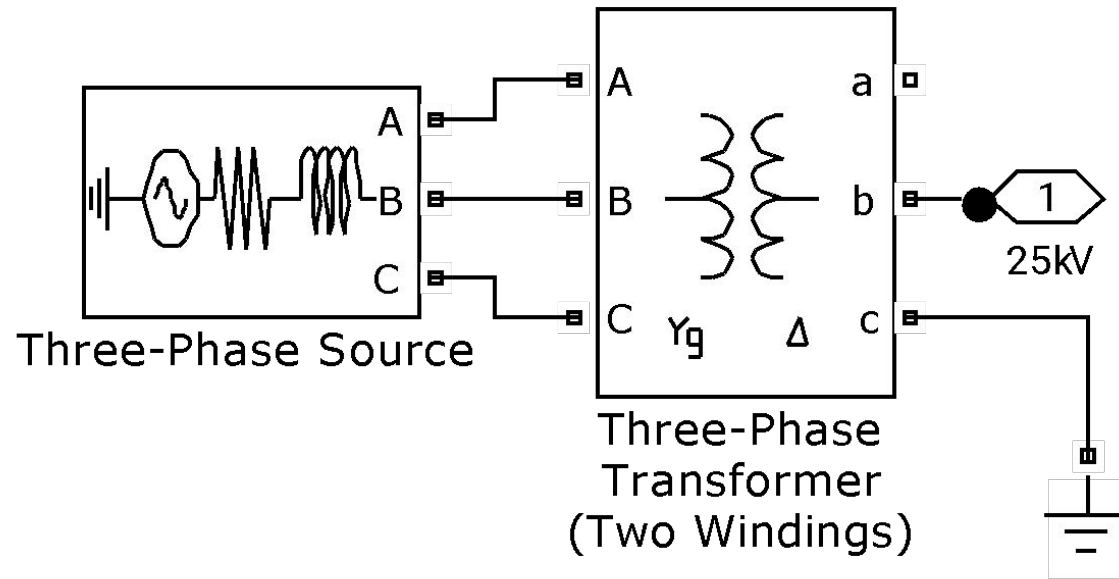
# Схема модели

Continuous  
powergui





# Модель тяговой подстанции



## Окно настройки трехфазного источника

**Block Parameters: Three-Phase Source**

Three-Phase Source (mask) (link)

Three-phase voltage source in series with RL branch.

Parameters

Phase-to-phase rms voltage (V):  
110e3

Phase angle of phase A (degrees):  
0

Frequency (Hz):  
50

Internal connection: Yg

Specify impedance using short-circuit level

3-phase short-circuit level at base voltage(VA):  
700e6

Base voltage (Vrms ph-ph):  
110e3

X/R ratio:  
7

OK Cancel Help Apply

# Окно настройки тягового трансформатора

**Block Parameters: Three-Phase Transformer (Two Windings)**

Three-Phase Transformer (Two Windings) (mask) (link)

This block implements a three-phase transformer by using three single-phase transformers. Set the winding connection to 'Yn' when you want to access the neutral point of the Wye.

Click the Apply or the OK button after a change to the Units popup to confirm the conversion of parameters.

Configuration Parameters Advanced

Units: pu

Nominal power and frequency [ Pn(VA) , fn(Hz) ]  
[ 40e6 , 50 ]

Winding 1 parameters [ V1 Ph-Ph(Vrms) , R1(pu) , L1(pu) ]  
[ 110e3 0.002 0.1075 ]

Winding 2 parameters [ V2 Ph-Ph(Vrms) , R2(pu) , L2(pu) ]  
[ 27500 0.002 0 ]

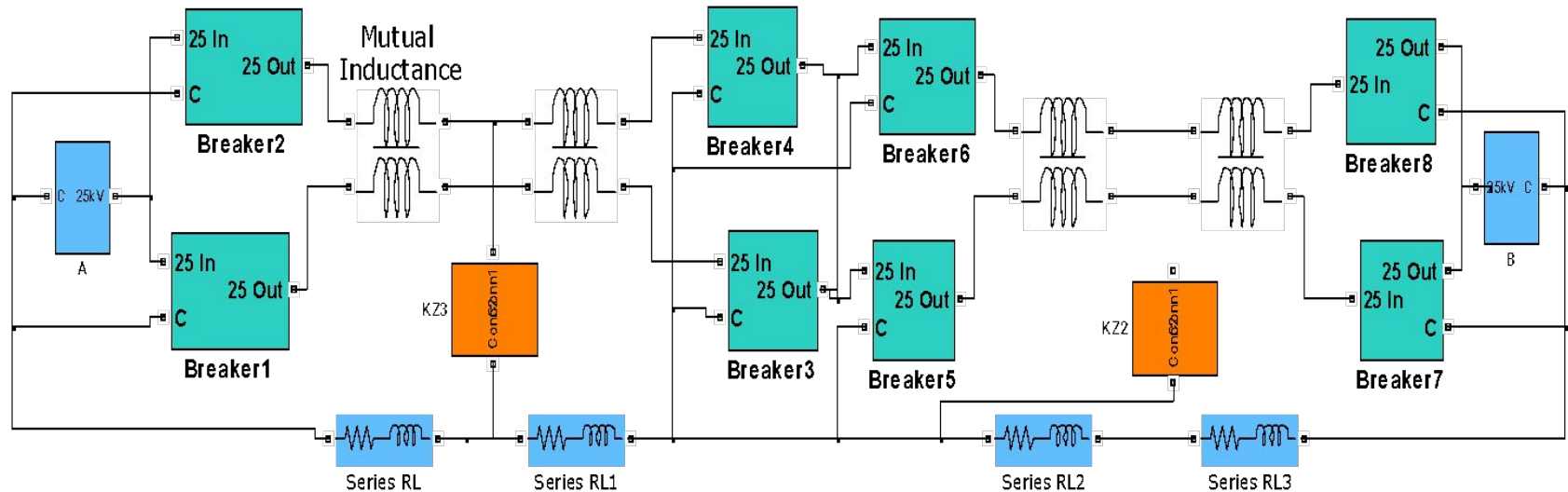
Magnetization resistance Rm (pu)  
500

Magnetization reactance Lm (pu)  
500

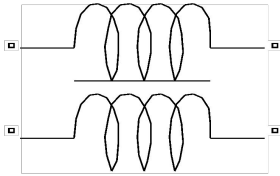
OK Cancel Help Apply

Элементы схемы модели: фрагменты контактной сети (mutual inductance) и рельсов (Series RL-RL3); выключатели со встроенными защитами (Breaker1-Breaker8); короткозамкатель KZ.

Continuous  
powergui



# Параметры модели участка контактной сети



Block Parameters: Mutual Inductance1

Mutual Inductance (mask) (link)  
Implements inductances with mutual coupling.

Parameters

Type of mutual inductance: Two or three windings with equal mutual terms

Winding 1 self impedance [R1(Ohm) L1(H)]:  
[12\*0.174 12\*0.292/314]

Winding 2 self impedance [R2(Ohm) L2(H)]:  
[12\*0.174 12\*0.292/314]

Three windings Mutual Inductance

Mutual impedance [Rm(Ohm) Lm(H)]:  
[0.0 12\*0.55e-03]

Measurements None

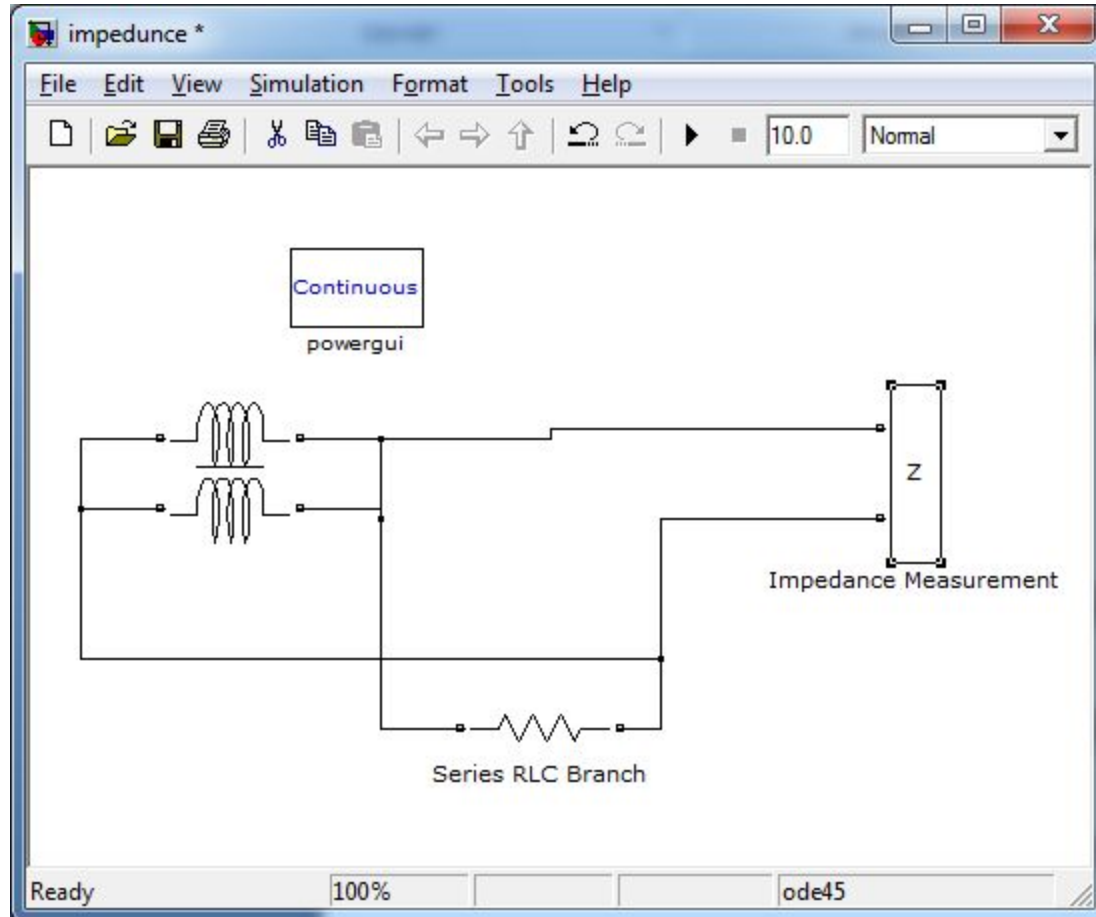
OK Cancel Help Apply

# Расчет взаимной ИНДУКТИВНОСТИ подвесок КС

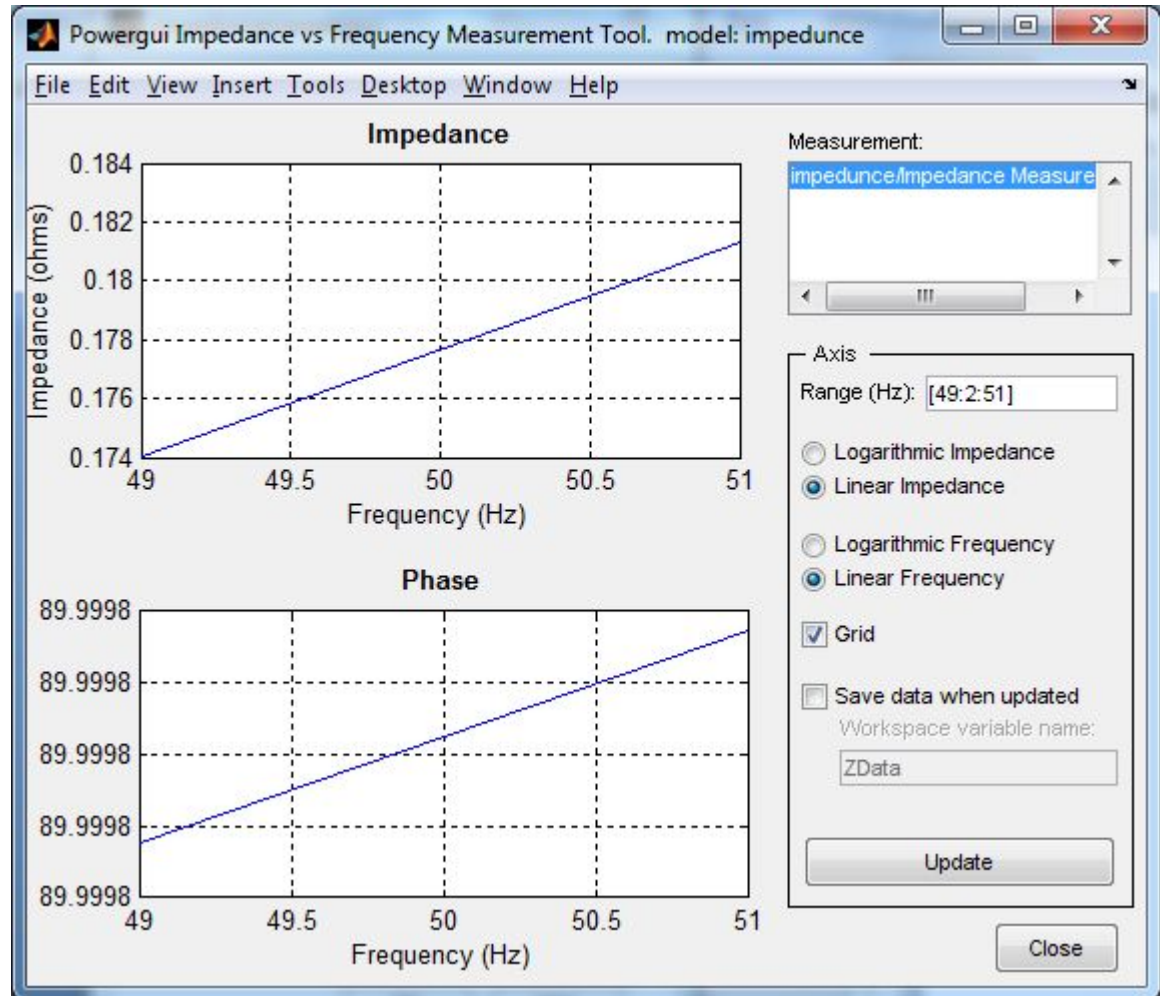
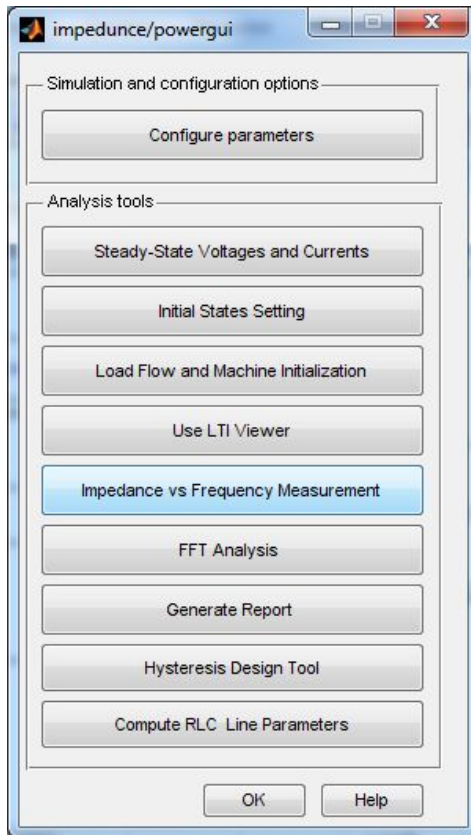
$$X_m = X_{2_{\text{КС}}} - \sqrt{X_{2_{\text{КС}}}^2 + X_{1_{\text{КС}}}^2 - 2X_{2_{\text{КС}}}X_{1_{\text{КС}}}}$$

$$L_m = X_m / 314.15 \text{ Гн/км}$$

# Проверка расчета

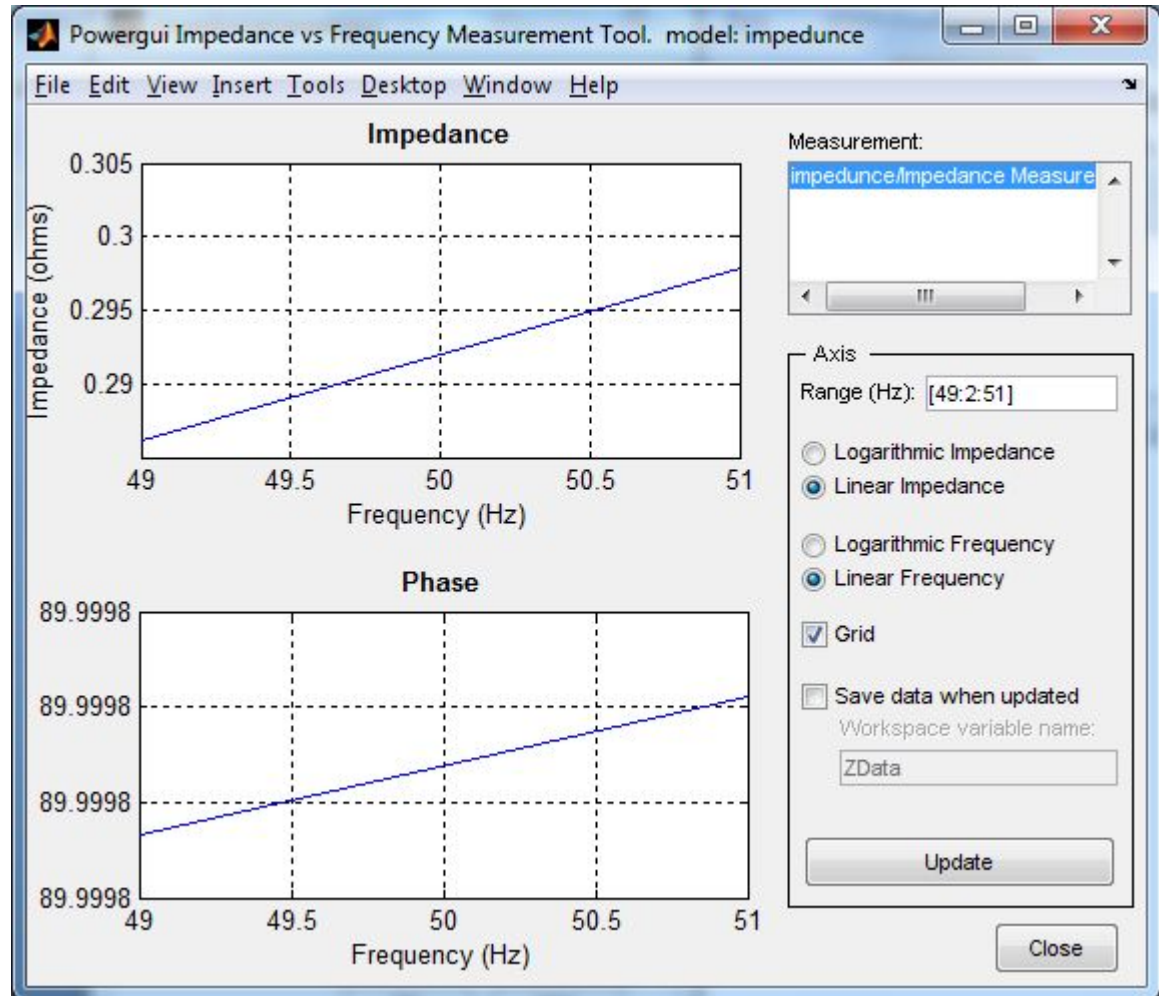
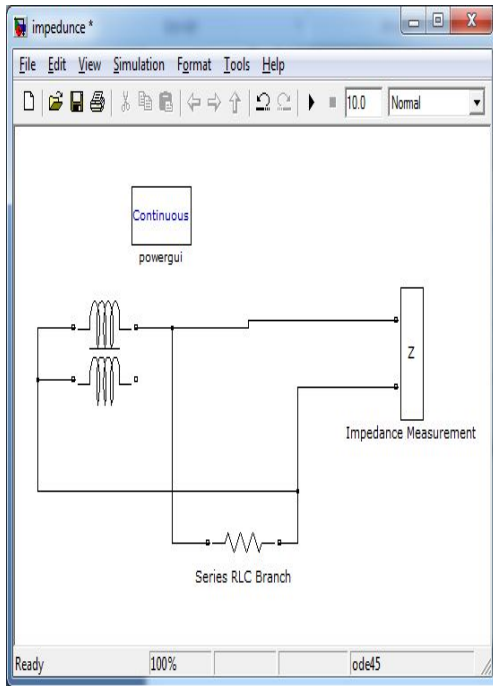


# X<sub>2</sub>KC

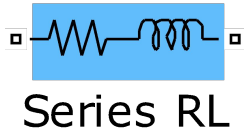




# X<sub>1</sub>KC



# Параметры модели участка рельсов (четверть пути между подстанциями)



Block Parameters: Series RL

Series RLC Branch (mask) (link)

Implements a series branch of RLC elements.  
Use the 'Branch type' parameter to add or remove elements from the branch.

Parameters

Branch type: RL

Resistance (Ohms):  
0.065\*12

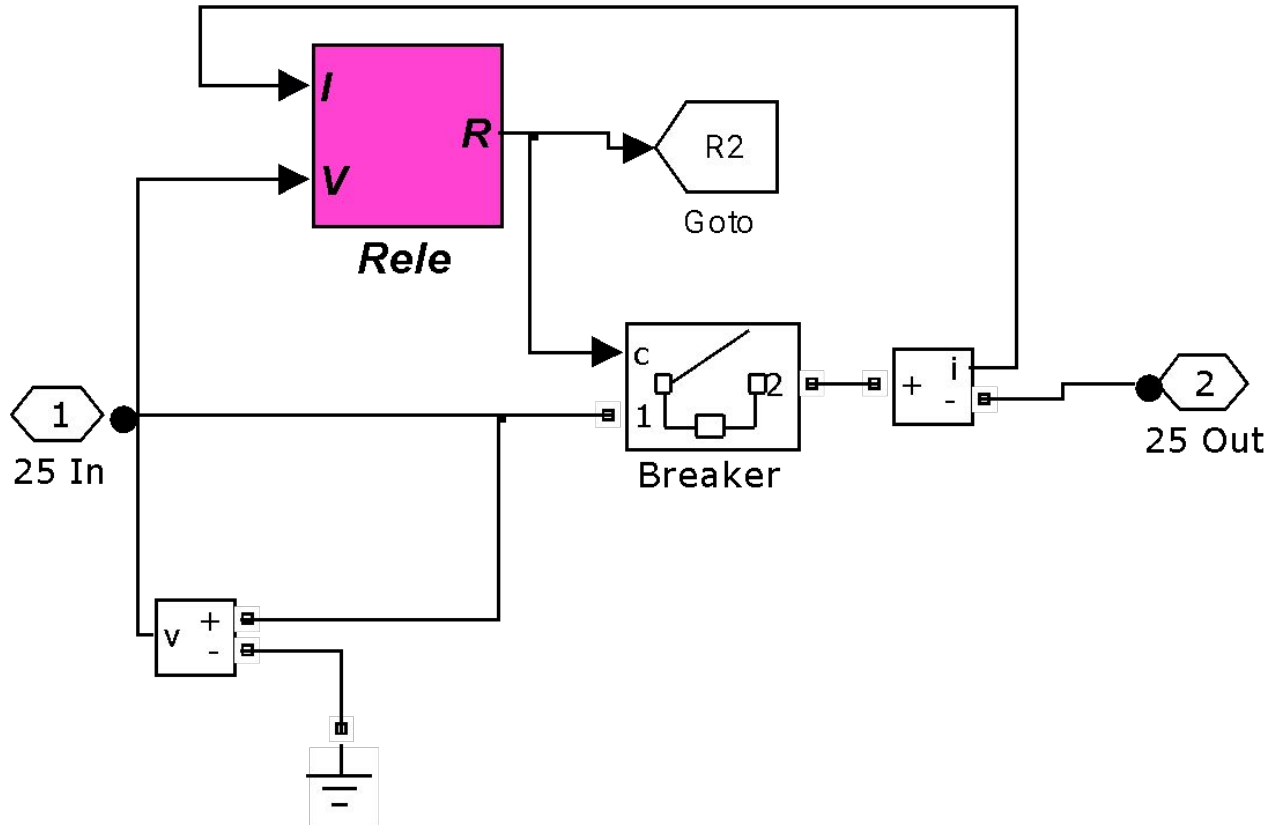
Inductance (H):  
0.18\*12/314

Set the initial inductor current

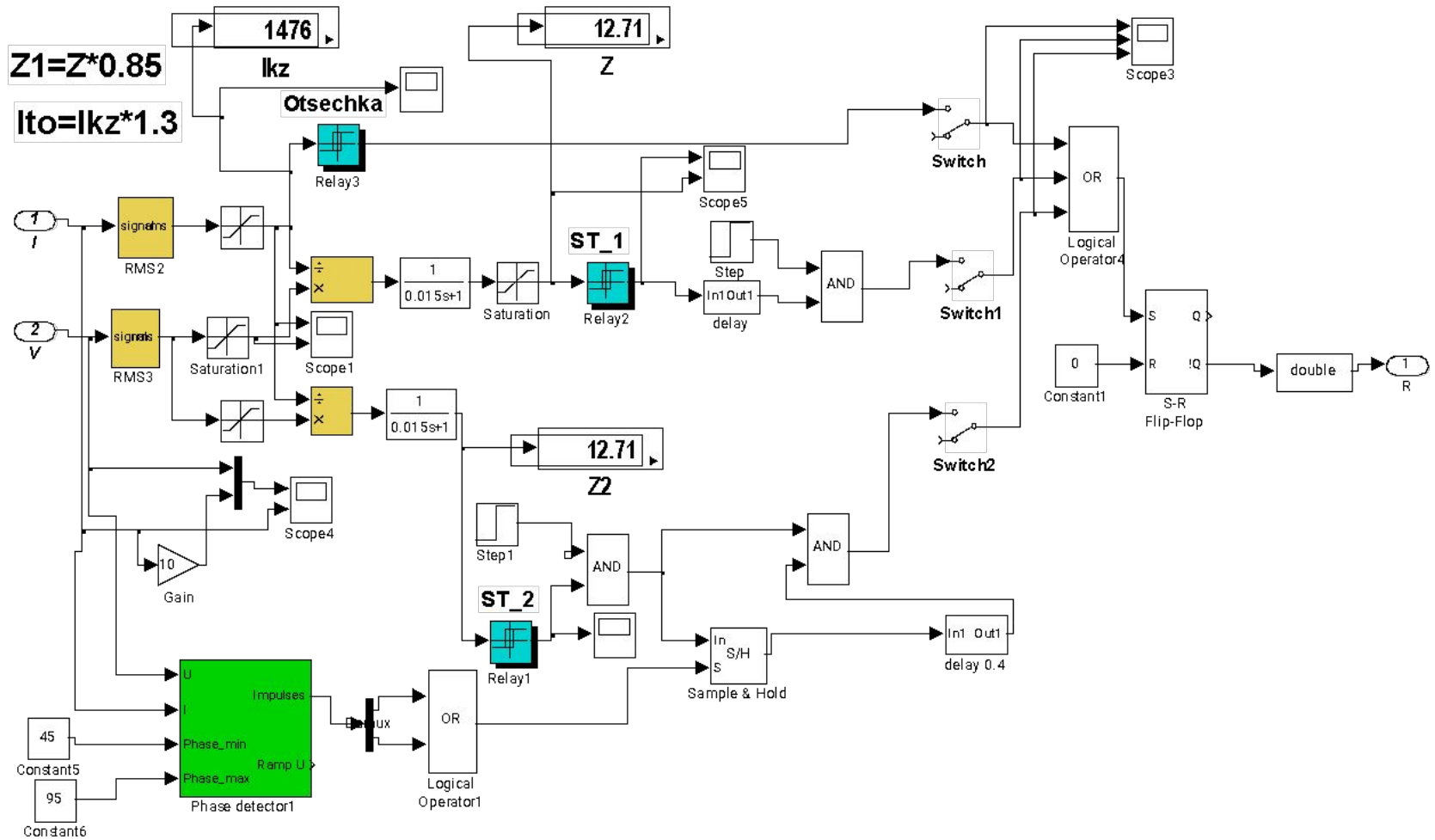
Measurements: None

OK Cancel Help Apply

# Модель релейной защиты с выключателем



# Модель двухступенчатой дистанционной защиты фидеров подстанции



# Направленность защиты

Направленность защиты обеспечивается фазоограничительным органом (блок Phase detectors). Импульс на выходе этого блока возникает в момент перехода тока через нулевой уровень при условии соблюдения заданного допустимого диапазона сдвига фазы тока от напряжения. Импульс фазового детектора поступает на стробирующий вход элемента выборки/хранения (Sample & Hold). На другой вход элемента выборки/хранения подается сигнал с реле сопротивления. Выходной сигнал с элемента выборки/хранения для ступеней с выдержкой времени подается на элемент задержки.

# Обеспечение направленности второй ступени на базе фазового детектора

Otsechka

Z

ST\_1

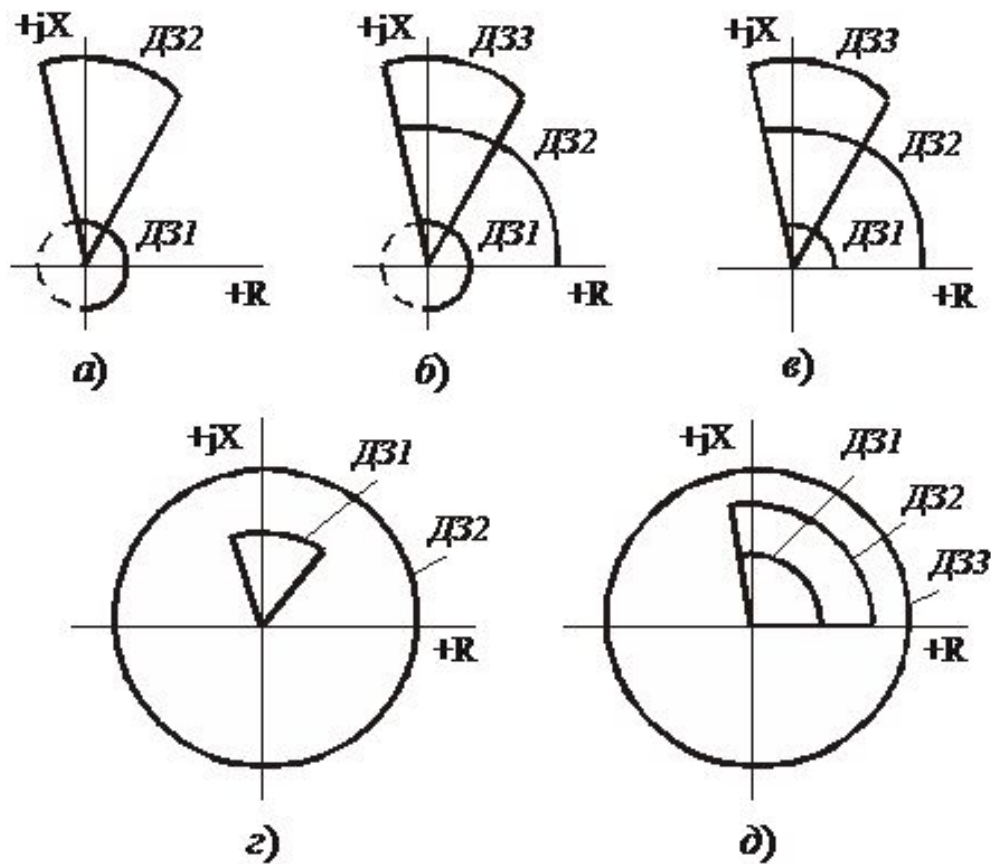
1

Z

ST\_2

## Диаграммы направленности защит

- 1) двухступенчатых на подстанции (а) и посту секционирования (з)
- 2) трехступенчатых на подстанции (б, в) и посту секционирования (д)

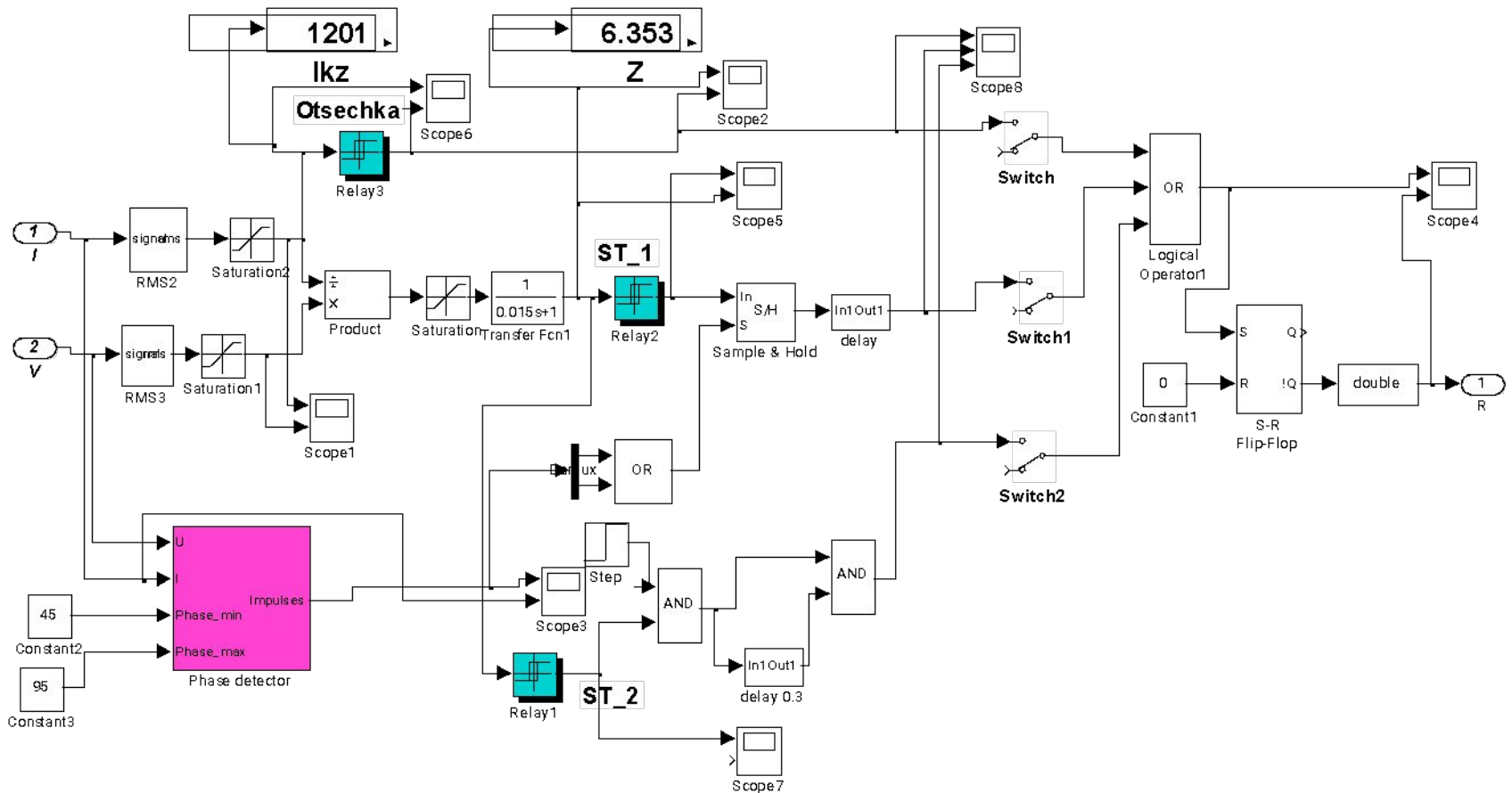


# Фазовый детектор

2

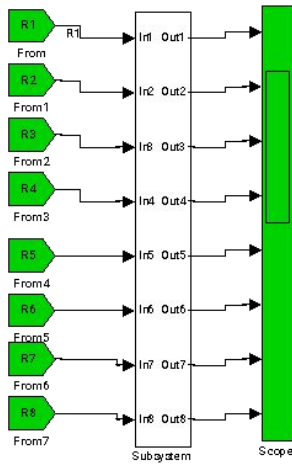
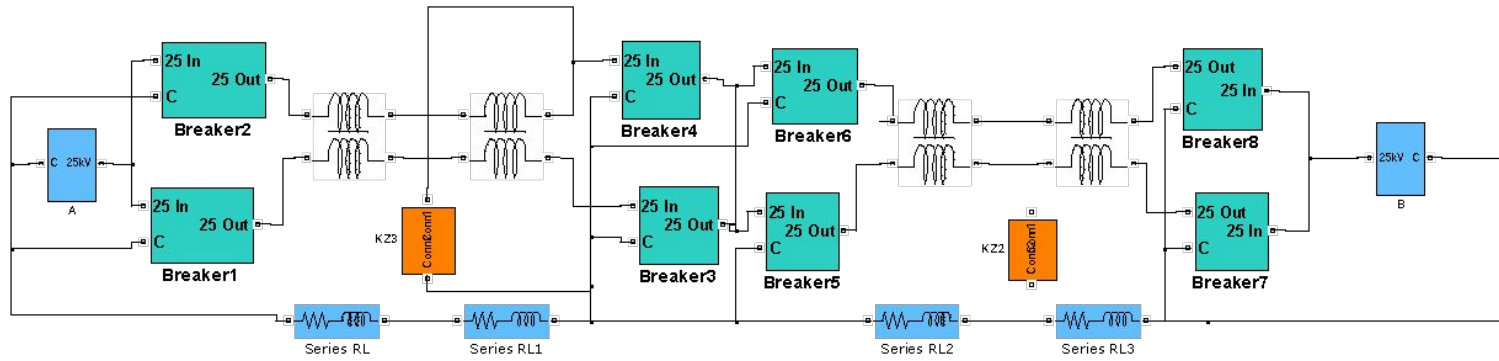


# Модель двухступенчатой дистанционной защиты фидера поста секционирования



# Эксперимент с КЗ перед постом секционирования

Discrete,  
T<sub>s</sub> = 5e-005 s,  
powergui



# Цель эксперимента

1. Определить уставку токовой отсечки защиты фидера подстанции
2. Определить уставку реле сопротивления первой ступени защиты фидера подстанции

Перед экспериментами необходимо отключить все ступени защит на всех восьми реле

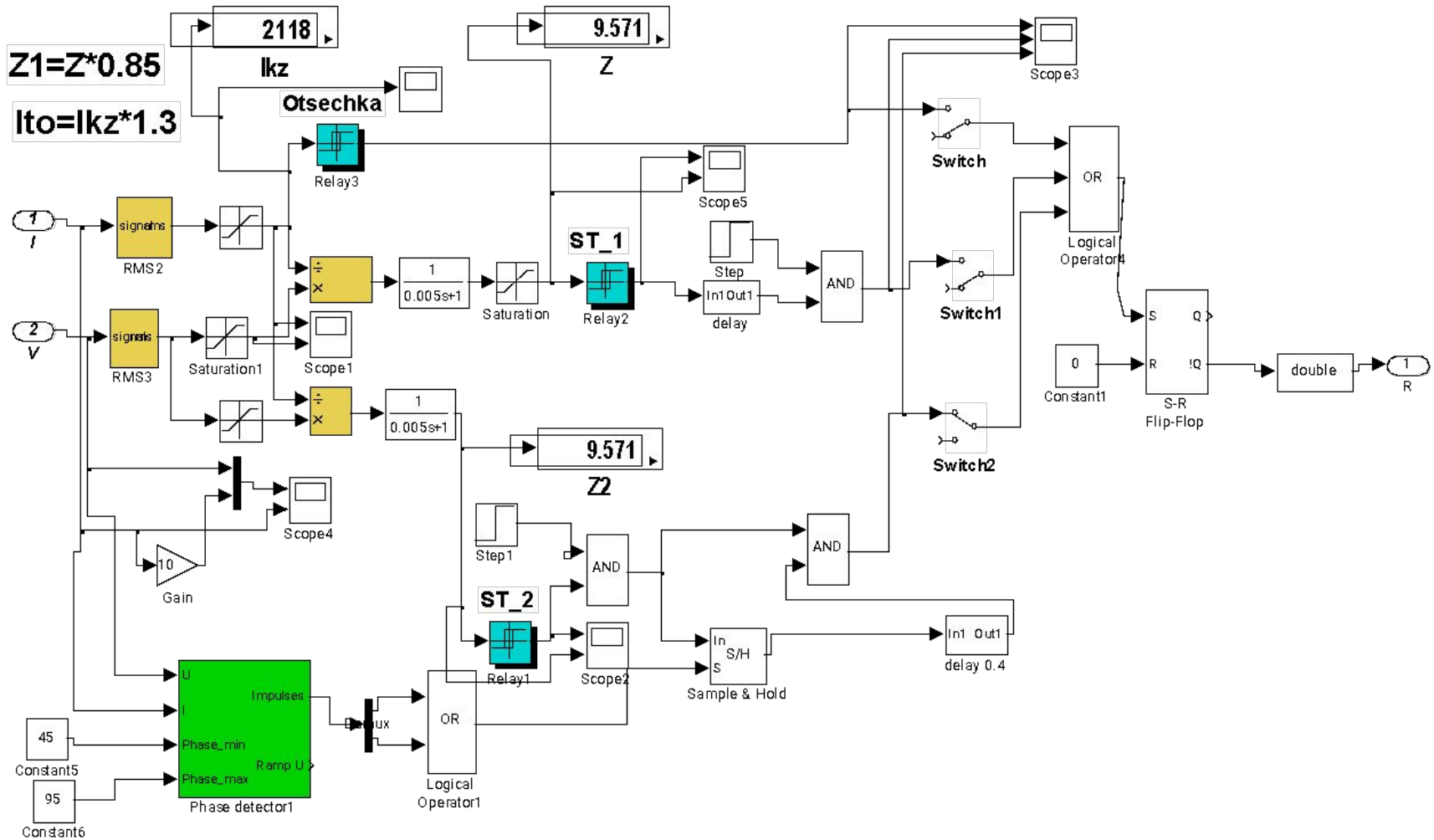
Запустить моделирование и на дисплее  $I_{kz}$  в реле Breaker2 определить величину тока КЗ при местоположении точки КЗ в конце защищаемого участка, т.е. перед постом секционирования.

Эту величину тока следует умножить на коэффициент запаса

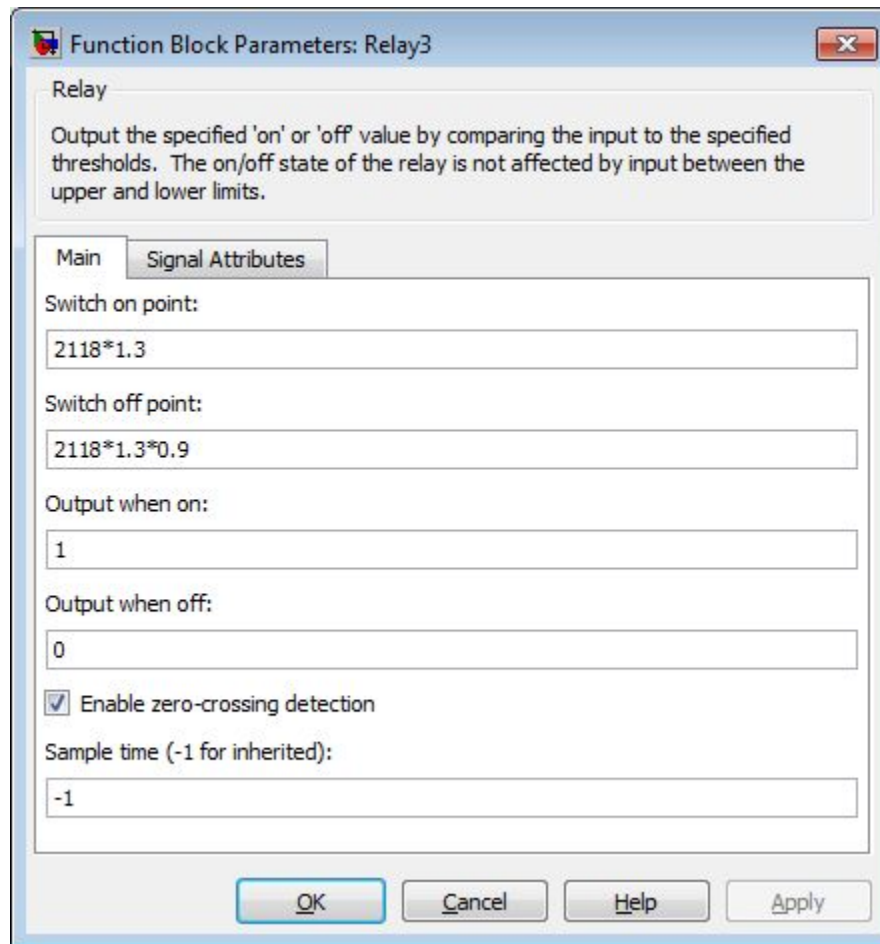
$$K_3 = 1.3$$

и использовать в качестве уставки токовой отсечки  $I_{то} = I_{kz} * 1.3$

# Определение тока КЗ (Ikz) в Breaker2

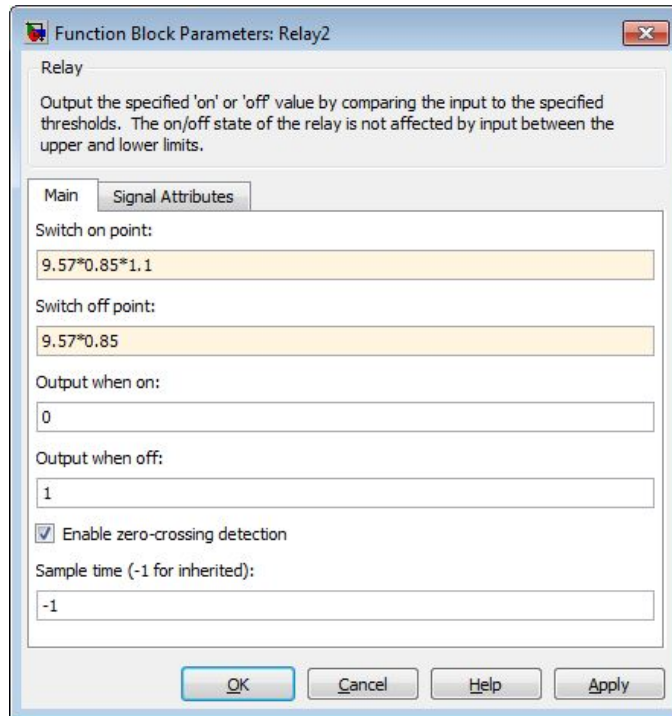


Устанавливаем ток срабатывания  $I_{то}=2118*1.3$ , ток возврата реле  $2118*1.3*0.9$   
в токовых отсечках всех защит фидеров подстанций

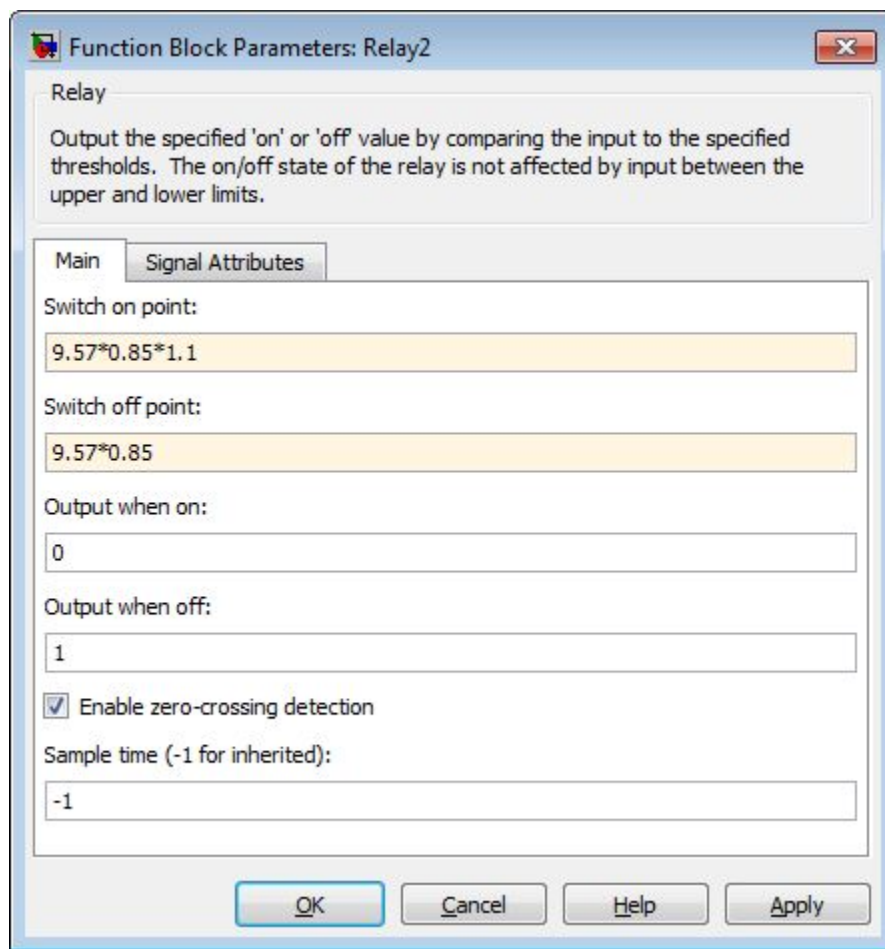


# Определение уставки первой ступени реле сопротивления защиты фидеров подстанций

В этом же эксперименте с КЗ перед постом секционирования на дисплее Z определяем установившееся значение модуля сопротивления  $Z=9.57$ , измеряемого в блоке Breaker2, умножаем на коэффициент 0.85 и заносим во вторую строку



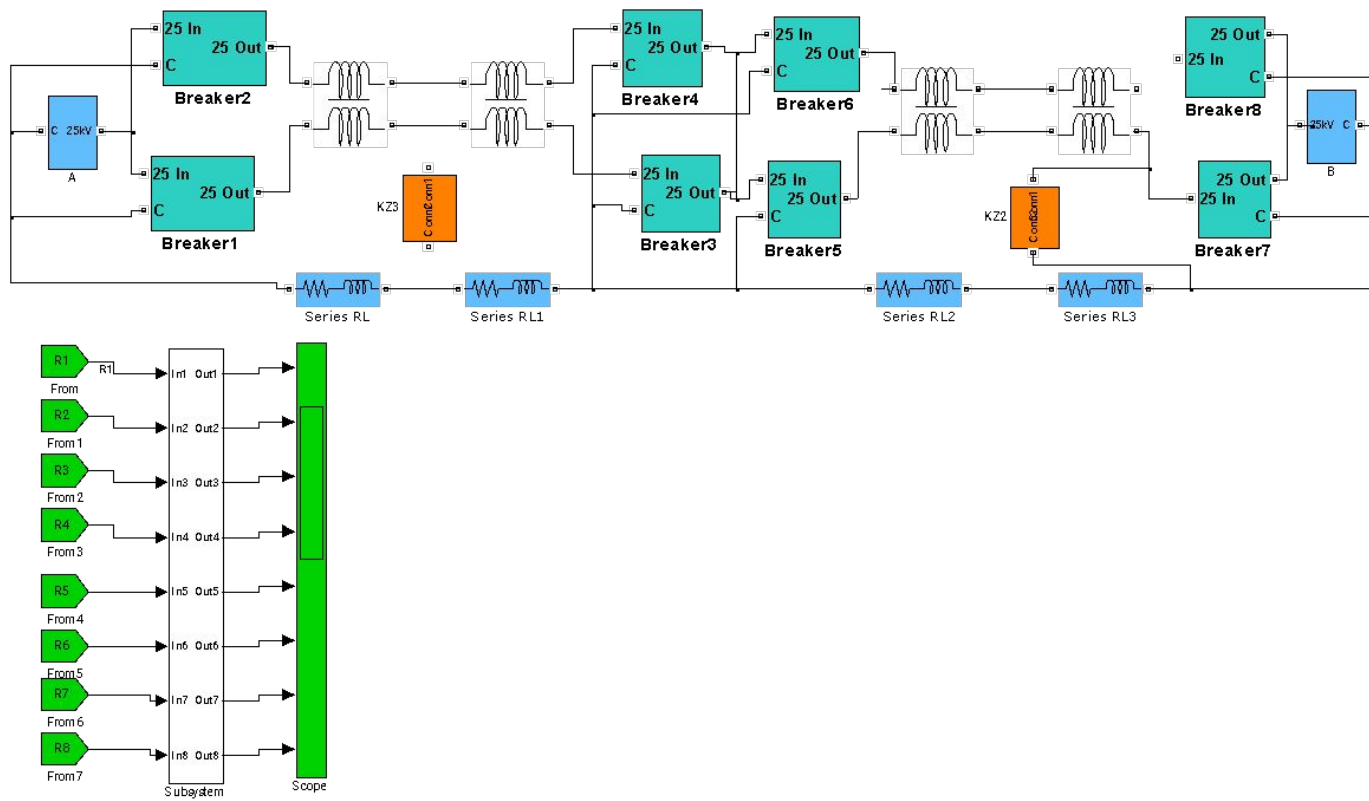
В верхнюю строку окна настройки устанавливаем сопротивление  
возврата реле  $Z1в=Z1*1.1$





# Эксперимент для определения уставок вторых ступеней защиты фидеров подстанции

Discrete,  
 $T_s = 5e-005$  s.  
powergui



Установившееся после КЗ значение  $Z=46.45$  умножаем на коэффициент чувствительности  $Kч=2$  и заносим это значение во вторую строку окна настройки реле сопротивления ST\_2 всех защит фидеров подстанций. В верхнюю строку окна настройки устанавливаем сопротивление возврата реле

Main Signal Attributes

Switch on point:  
46.45\*2\*1.1

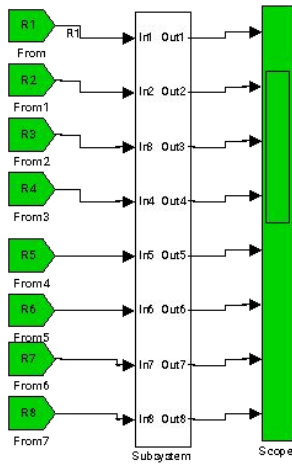
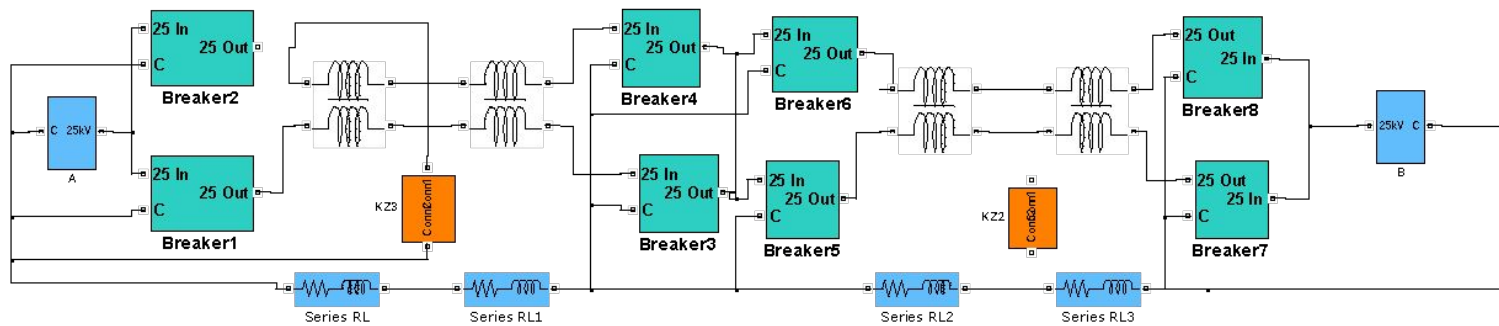
Switch off point:  
46.45\*2

Output when on:  
0

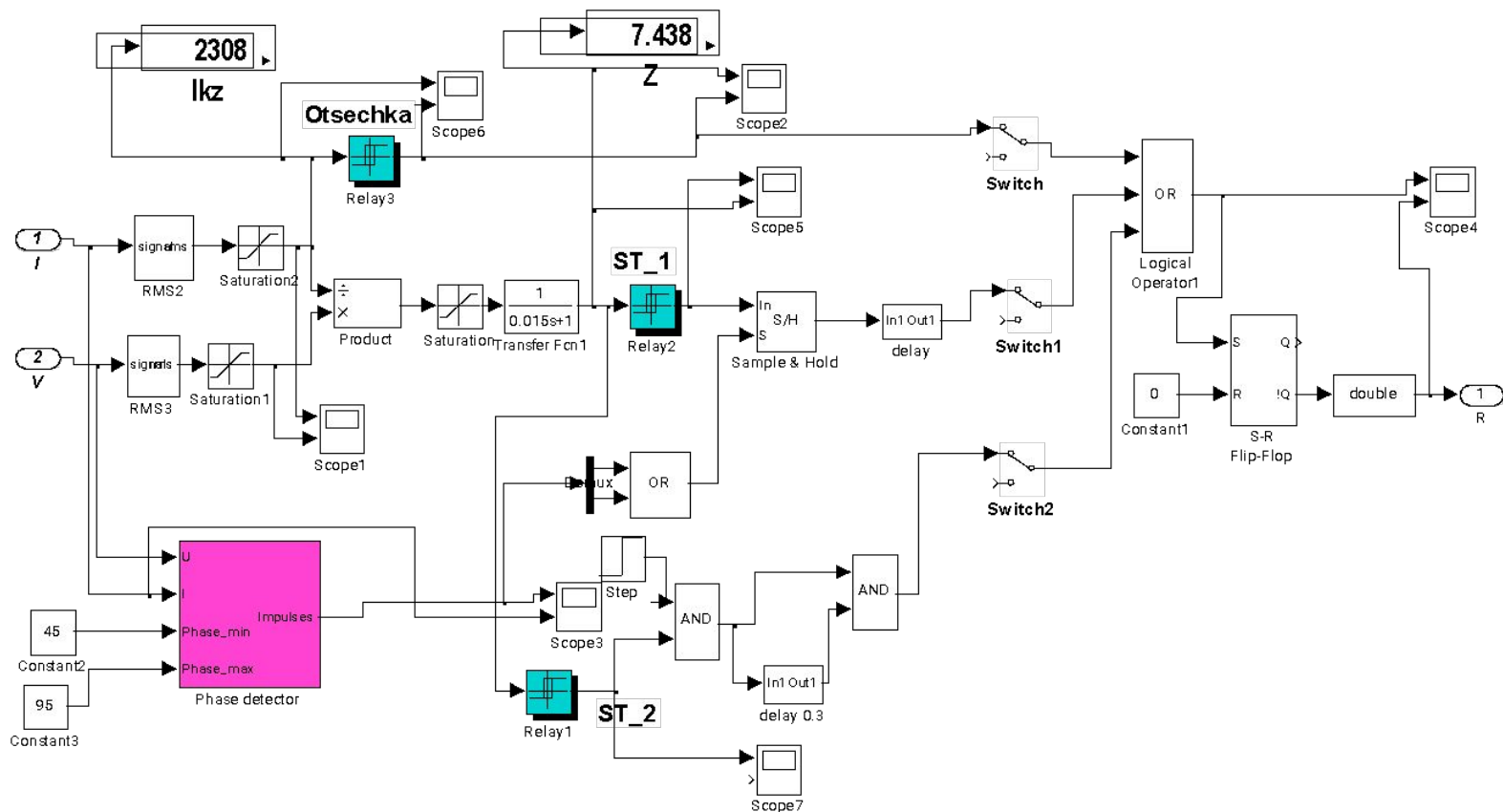
Output when off:  
1

# Определение настроек двухступенчатых защит фидеров поста секционирования. КЗ вблизи шин подстанции А.

Discrete,  
 $T_d = 5e-005$  s.  
powergui

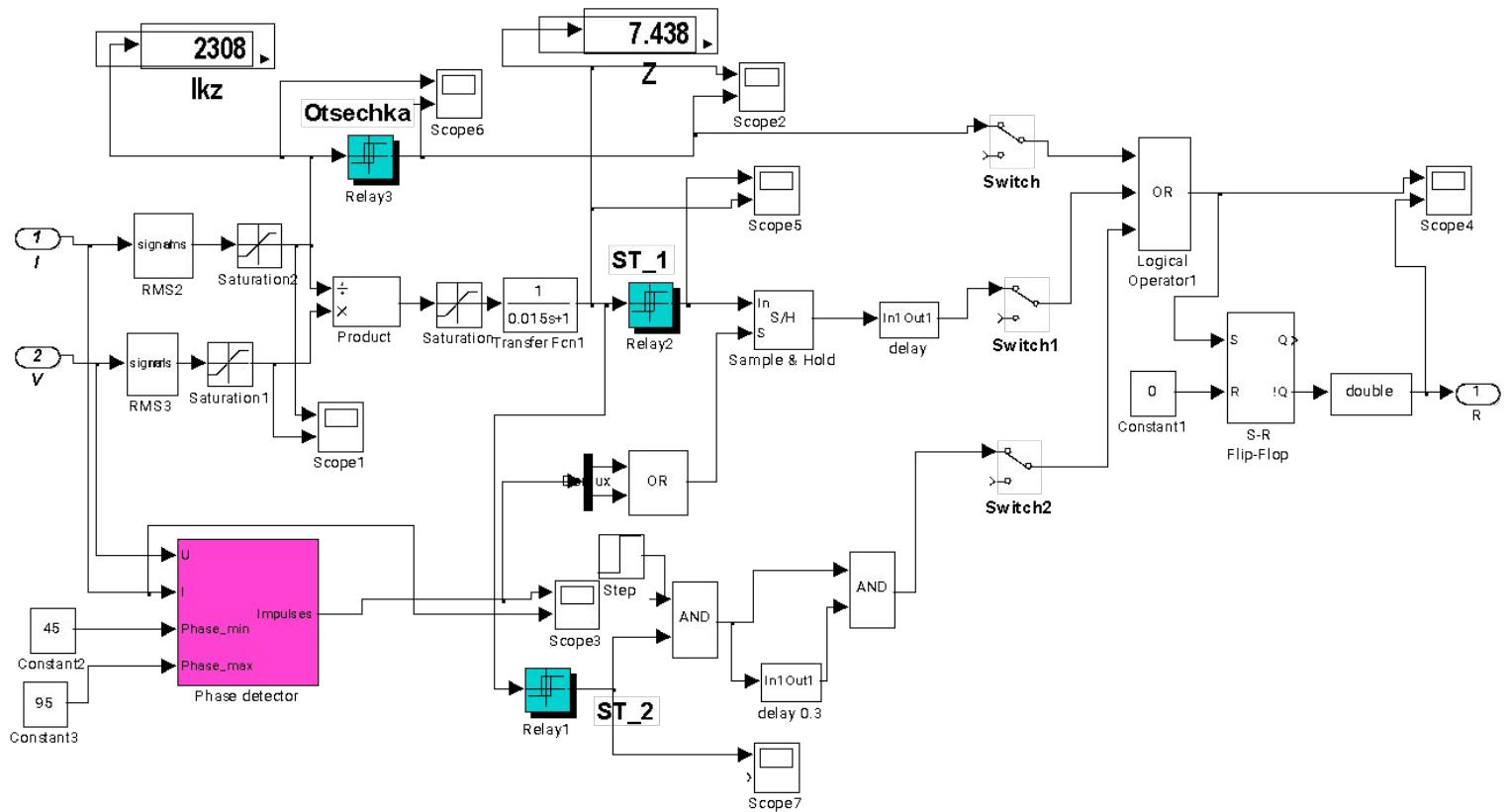


В реле Breaker4 на дисплее фиксируем ток  $I_{kz}=2308$  А.

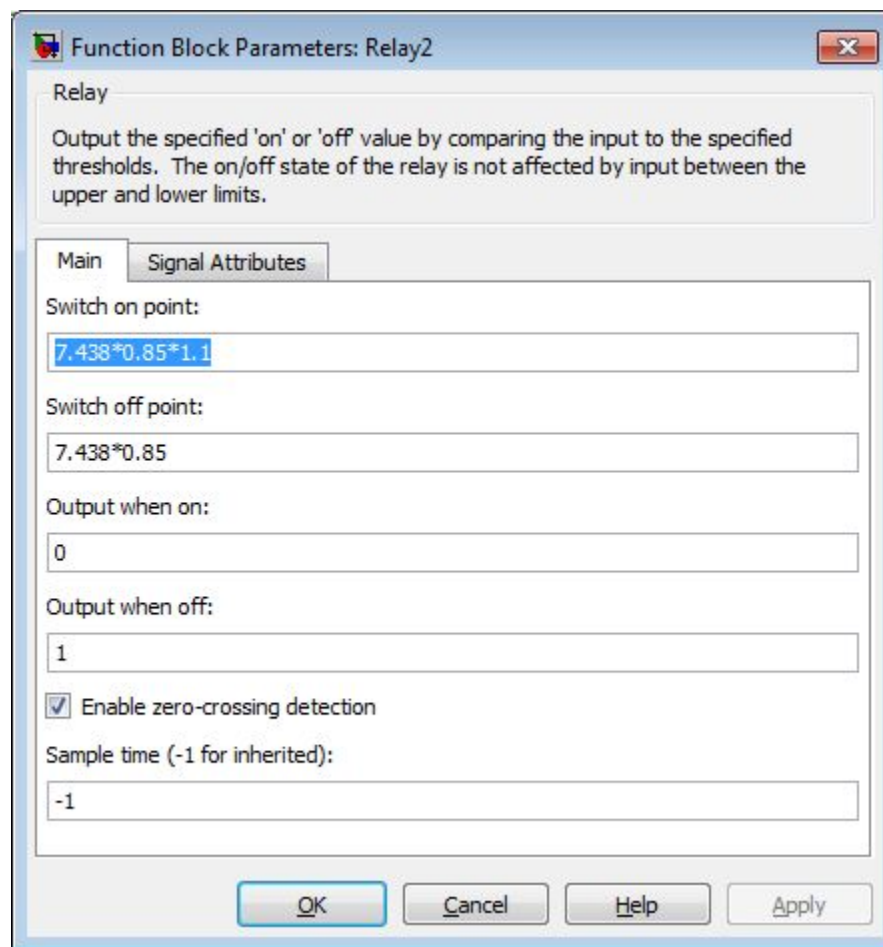


Умножаем  $I_{kz}$  на  $K_3=1,3$  и используем эту величину в качестве  
уставки токовой отсечки всех защит фидеров поста  
секционирования

Определение уставки первой ступени реле сопротивления защиты фидеров поста секционирования. В этом же эксперименте на дисплее Z определяем установившееся значение модуля сопротивления  $Z=7.438$ , измеряемого в блоке Breaker4

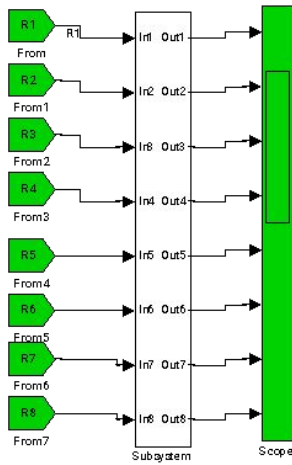
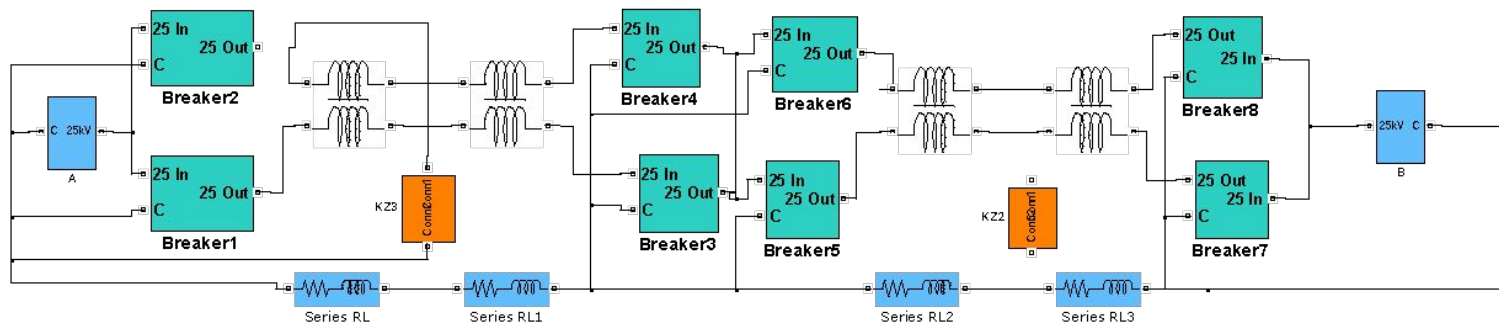


Умножаем  $Z$  на коэффициент  $0.85$  и заносим это значение во вторую строку окна настройки всех реле сопротивления  $ST\_1$  защит фидеров поста. В верхнюю строку окна настройки устанавливаем сопротивление возврата реле



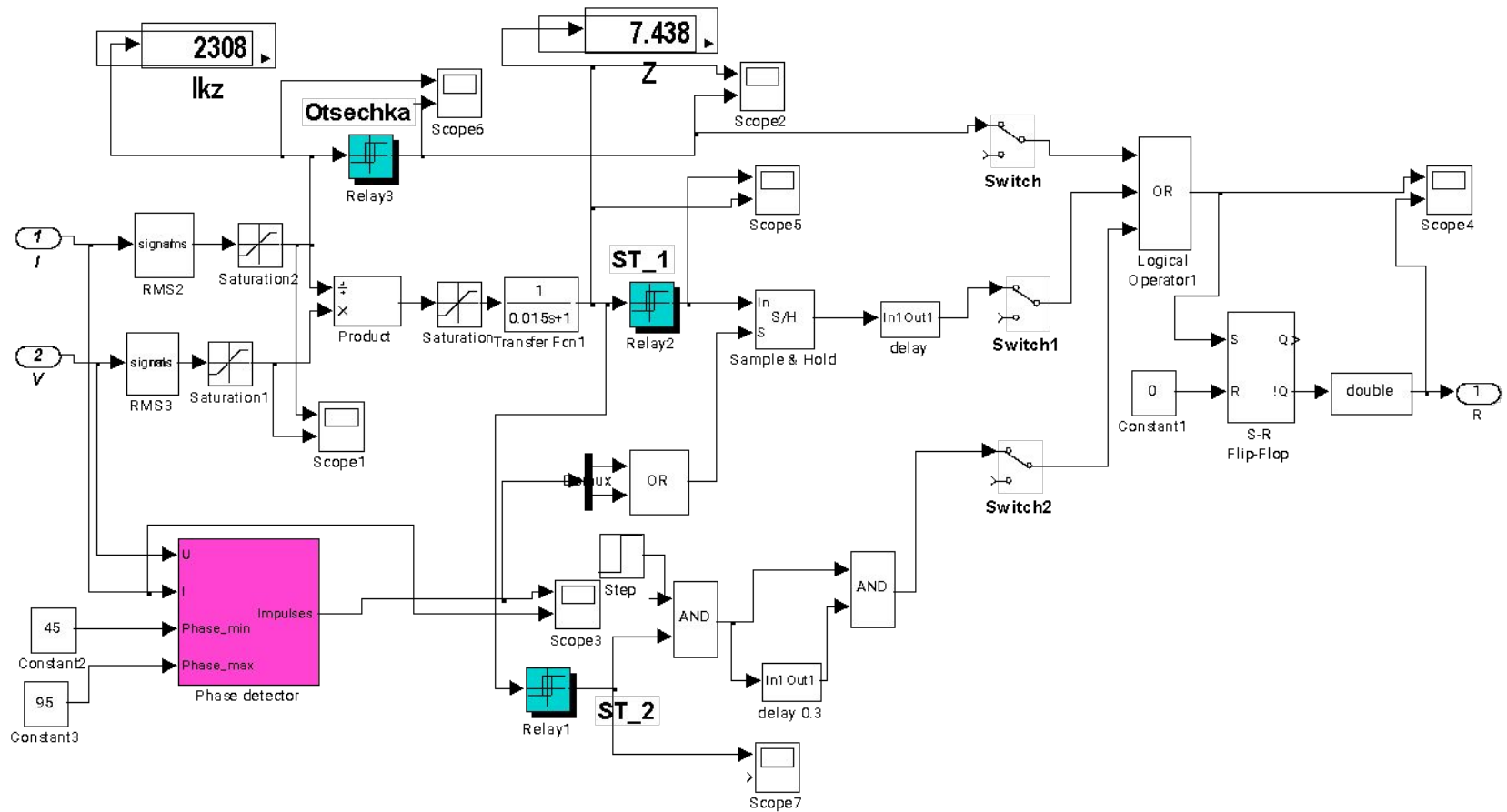
# Определение уставок вторых ступеней защит фидеров поста секционирования. При КЗ у шин подстанции А

Discrete,  
 $T_d = 5e-005$  s.  
 powergui

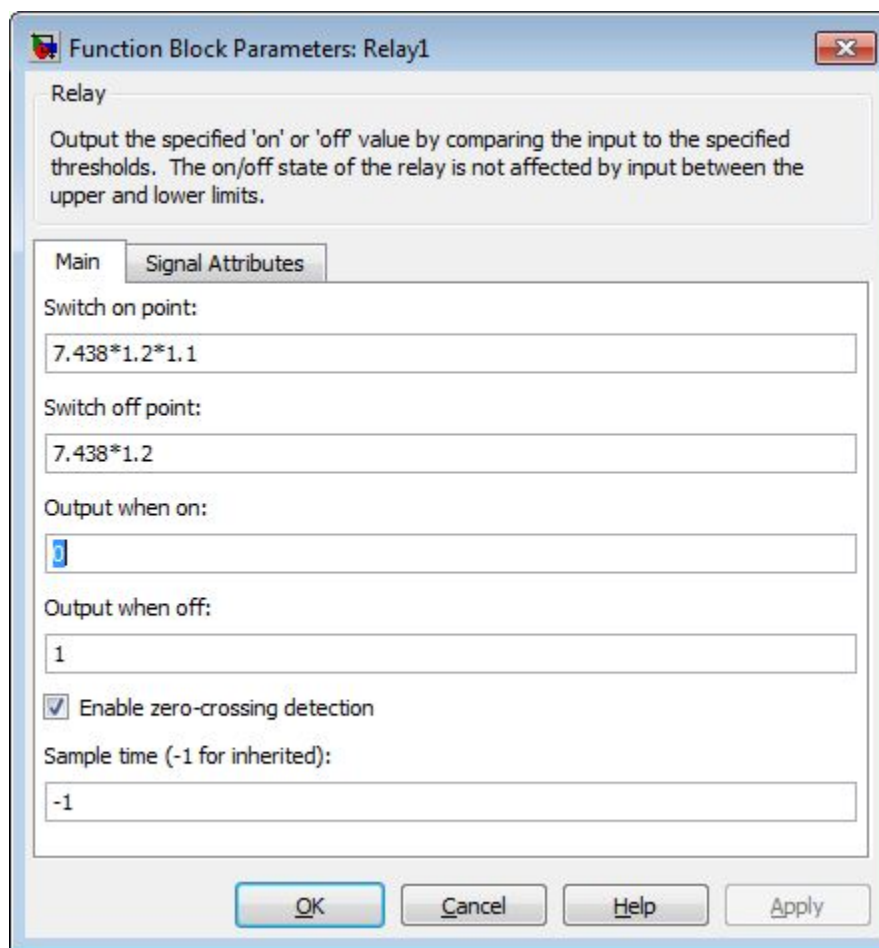




# Результат моделирования в окне реле Breaker4



На реле Breaker4 определяем  $Z=7.438$  после КЗ, умножаем на коэффициент  $Kч=1.2$  и заносим это значение во вторую строку окна настройки реле сопротивления ST\_2 всех защит поста. В верхнюю строку окна настройки устанавливаем сопротивление возврата реле

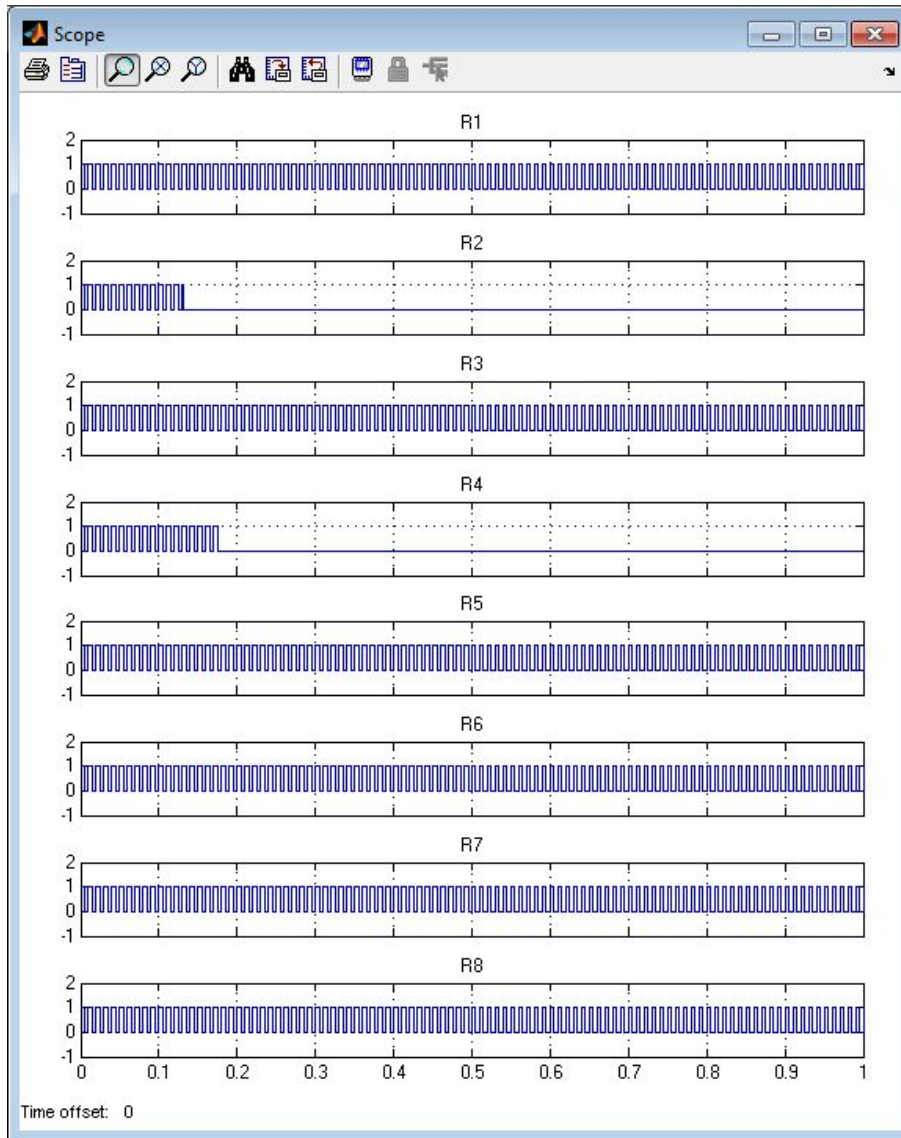


# Тестирование защит при различном местоположении КЗ

Для заданных в таблице 1 фидеров следует провести серию из 4-х экспериментов КЗ с отображением результатов на осциллограммах, отображающих срабатывание защит:

1. КЗ посередине защищаемого фидера;
2. КЗ на защищаемом фидере вблизи подстанции;
3. КЗ на защищаемом фидере вблизи поста секционирования;
4. КЗ на защищаемом фидере вблизи поста при отключении всех ступеней защиты этого фидера поста секционирования.

В последнем эксперименте вторые ступени защит поста секционирования должны резервировать отключенную защиту фидера поста.



Короткое замыкание в средней части фидера, ограниченное выключателями 2 и 4. Оба выключателя 2 и 4 отключают фидер без выдержки времени.

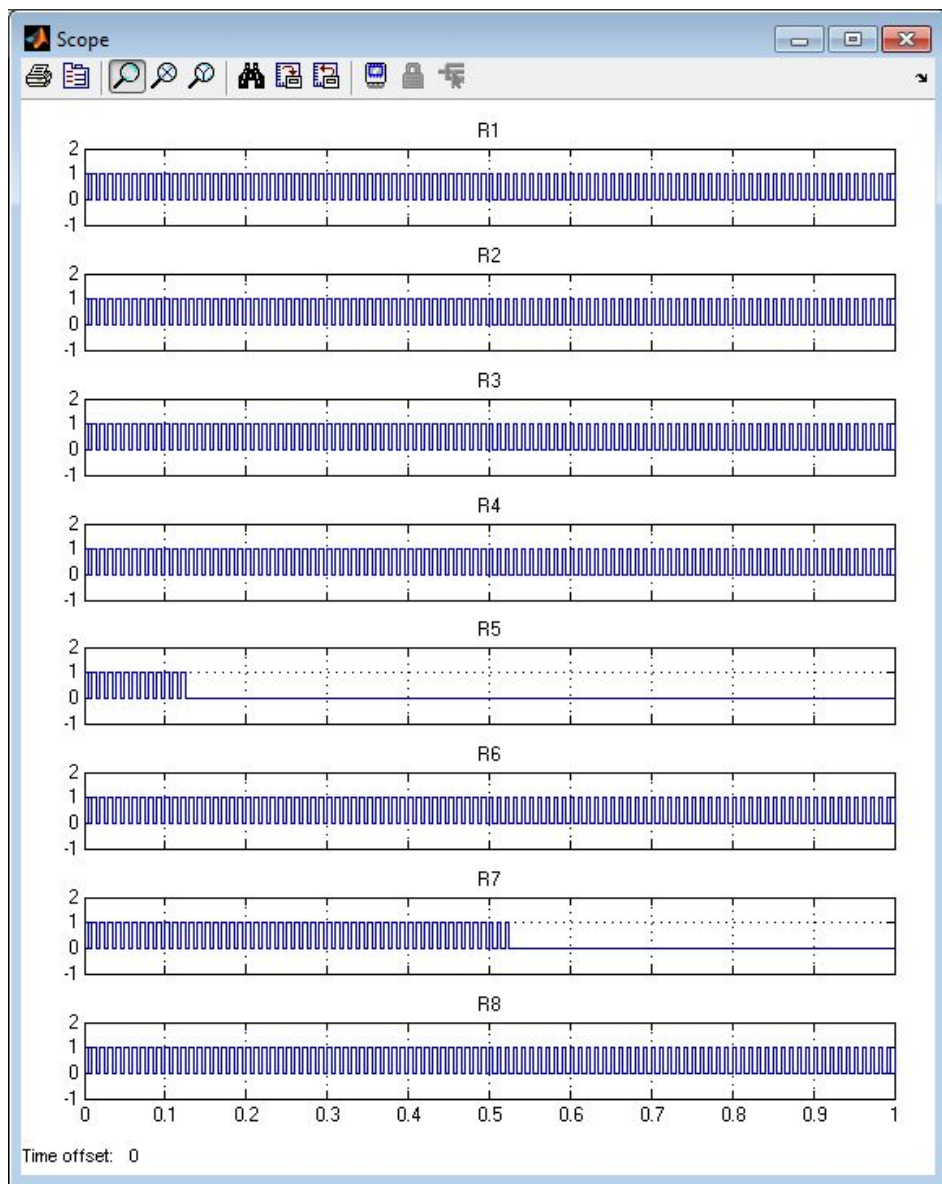


Рисунок иллюстрирует работу защит при коротком замыкании на фидере, ограниченном выключателями 5 и 7, вблизи выключателя 5. Выключатель 5 отключается без выдержки времени, а выключатель 7 с выдержкой второй ступени

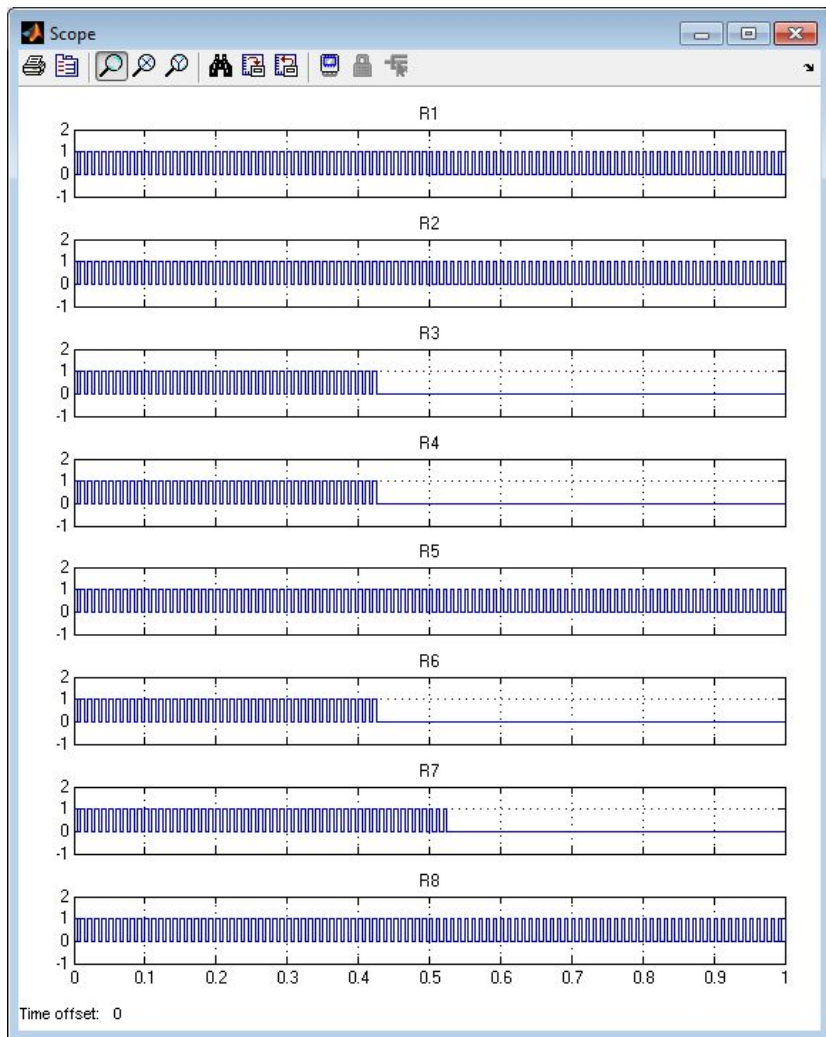


Рисунок иллюстрирует работу защит при коротком замыкании на фидере между выключателями 5 и 7 вблизи выключателя 5. Эксперимент дополнен имитацией отказа защиты на выключателе 5. Правильно срабатывает защита выключателя 7 на подстанции и защиты на выключателях 3, 4, 6 поста секционирования, резервирующие отказ защиты выключателя 5. На трех фидерах сохраняется питание.