

Индивидуальное задание №6

ЗАЩИТА ОБМОТКИ РОТОРА ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА КОРПУС (НА ЗЕМЛЮ)

1. Рассчитать ток срабатывания и оценить чувствительность защиты от замыкания на землю в одной точке обмотки возбуждения ротора генератора при заданных параметрах (таблица 1).
2. Определить пределы изменения R_{Π} , в которых чувствительность будет удовлетворять требованию $K_{\eta} > 1,2$.
3. Определить в о.е. мертвую зону защиты от второго замыкания на землю при условии, что первая точка КЗ разделила ОВ в соотношениях $R_A/R_B = 1$, $R_A/R_B = 3$, $R_A/R_B = 5$.
 $R_{ОВ} = R_A + R_B$ – сопротивление обмотки возбуждения, разделенные точкой K_1 .

Отношение R_A/R_B показывает место расположения точки замыкания. Например, соотношение $R_A/R_B = 1$ означает, что замыкание произошло точно в середине обмотки.

Для всех вариантов коэффициент надежности $K_H = 1.2$, коэффициент возврата $K_B = 0.85$.

Таблица 1

Вар.	R_{Π} , Ом	C_{Γ} , мкФ	R_1 , Ом	C_1 , мкФ	U , В	U_{CP} , В
1.	5000	0.3	1000	3	100	20
2.	4500	0.25	800	2.5	110	25
3.	6000	0.4	900	4	90	15
4.	4200	0.35	950	3.5	150	30
5.	5100	0.28	880	3	140	18
6.	5400	0.42	1100	4	110	22
7.	6100	0.38	1050	3.5	100	25
8.	5500	0.45	950	5	120	20
9.	4500	0.44	850	4	90	18
10.	5800	0.3	980	3	85	19
11.	5900	0.38	1000	5	100	22
12.	4800	0.4	1050	5	120	24

R_{Π} – переходное сопротивление при замыкании на корпус;

C_{Γ} – емкость обмотки возбуждения генератора относительно земли;

$R_1 = 1000$ Ом – активное сопротивление разделительной RC-цепи;

$C_1 = 2C'_1$ – емкость конденсатора разделительной RC-цепи;

U – напряжение питания обмотки возбуждения (считаем, что при замыкании напряжение не изменяется),

U_{CP} – напряжение срабатывания реле,

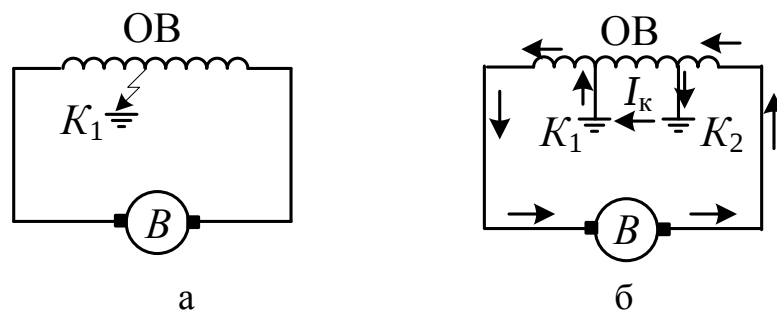


Рис. 1. Замыкания на землю в одной точке и в двух точках
ОВ – обмотка возбуждения, В – возбуждатель

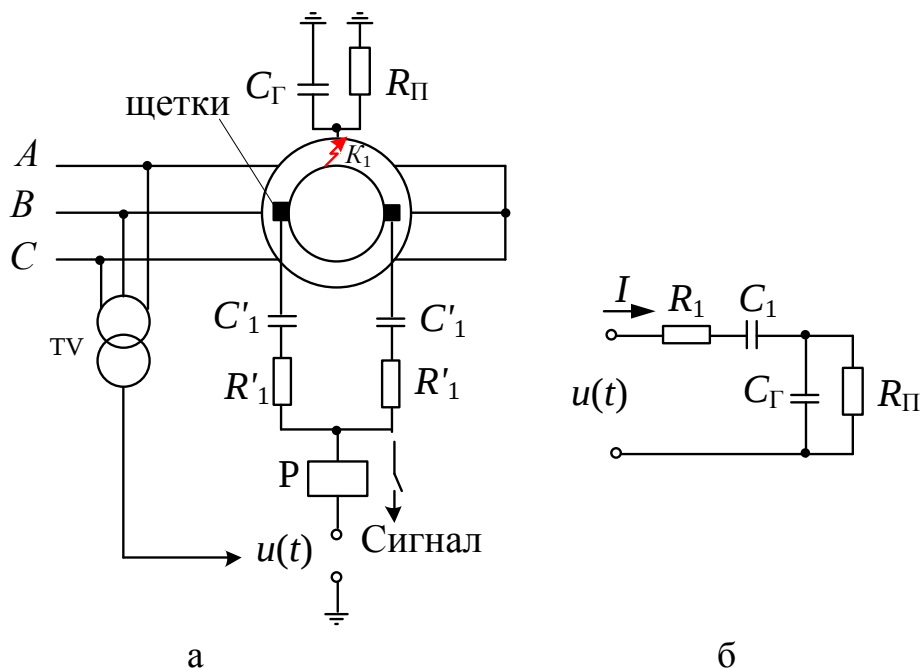


Рис. 2. Защита ОВ от замыкания в одной точке с использованием наложения напряжения основной частоты

Методические указания к выполнению

Генераторы – самое ответственное оборудование в энергосистеме. Очень важно обеспечить надежную селективную защиту генератора. В данной работе рассматривается одно из возможных повреждений генератора – замыкание на землю в обмотке ротора, так называемой обмотке возбуждения (ОВ). Замыкание на землю вращающегося ротора соответствует замыканию на заземленный корпус генератора. Замыкания могут произойти по причине:

- ухудшения изоляции обмотки ротора;
- сдвига обмотки из-за тяжелых механических условий работы (скорость вращения ротора турбогенератора 3000 об/мин);
- металлической пыли внутри корпуса (такое замыкание обычно кратковременно).

Замыкание на землю в цепи обмотки возбуждения в одной точке (рис. 1, а) не приводит к тяжелым последствиям, т.к. цепи ротора изолированы от земли, поэтому ток замыкания очень мал, напряжение на зажимах ротора нормальное, поэтому турбогенераторы просто оставляют в работе.

Опасным является замыкание во второй точке (рис. 1, б), так как в этом случае часть обмотки ротора, находящаяся между точками повреждения, оказывается закороченной, ток в ОВ возрастает и перегревает ее, а магнитное поле ОВ искажается, что приводит к вибрации ротора. Опасный перегрев обмотки ротора и недопустимые механические усилия (вибрация ротора) должны быть своевременно выявлены и генератор должен быть отключен.

Выполнение сигнализации о замыкании на корпус в одной точке обмотки ротора.

На всех турбо- и гидрогенераторах устанавливается защита от замыканий в одной точке, действующая на сигнал.

Наиболее распространенным в настоящее время решением для защиты генератора от замыканий на землю в одной точке является наложение переменного напряжения промышленной частоты $u(t)$.

Пусть вспомогательная цепь для контроля сопротивления ОВ относительно земли образуется источником напряжения $u(t) = 100\sin(\omega t)$ В, формируемым трансформатором напряжения TV (рис. 2). Напряжение $u(t)$ прикладывается к цепи возбуждения через разделительные RC-цепи R'_1, C'_1 .

Определим ток срабатывания $I_{ср}$ реле Р и коэффициент чувствительности K_{χ} защиты от замыканий на землю в одной точке обмотки возбуждения при заданных параметрах.

Электрическая схема замещения для схемы рис. 2, а представлена на рис. 2, б. Рассчитаем модуль тока I в цепи. Далее определите ток срабатывания

Определите коэффициент чувствительности, предварительно рассчитав ток при замыкании через заданное переходное сопротивление $R_{п}$.

Определите пределы изменения $R_{п}$, при которых чувствительность будет удовлетворять требованиям, то есть $K_{\chi} > 1,2$ (рис. 3).

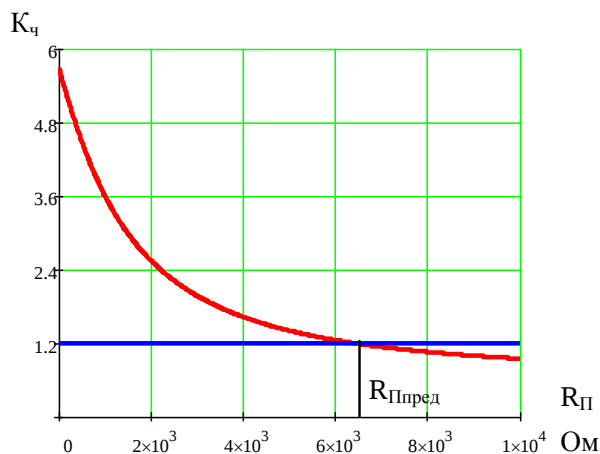


Рис. 3. Пример определения R_{Π} по зависимости коэффициента чувствительности от величины переходного сопротивления R_{Π} при замыкании ОВ на корпус в одной точке

Выполнение защиты от замыкания на корпус обмотки ротора во второй точке.

Защита от замыканий на землю во второй точке обмотки возбуждения (ОВ) устанавливается только на тех генераторах, на которых обнаружено замыкание на землю в одной точке ОВ. Обычно на станции имеется один комплект защиты, приспособленный к удобному присоединению к любому генератору станции.

Для выполнения защиты используется схема четырехплечевого моста, два плеча которого образованы сопротивлениями ОВ R_1 , R_2 , разделенной точкой замыкания K_1 на две части. Два других плеча состоят из сопротивлений $R1$ и $R2$ потенциометра. В диагональ четырехплечевого моста включается реле напряжения KV (рис. 4, а).

Потенциометр подключается к кольцам ротора. Движок потенциометра устанавливается так, чтобы на реле KV напряжение было равно нулю, то есть, чтобы мост находился в равновесии. При замыкании во второй точке K_2 часть ОВ с некоторым сопротивлением R_3 закорачивается, равновесие моста нарушается, в диагонали моста появляется напряжение, и, если $U > U_{ср}$, защита срабатывает.

Величина напряжения зависит от степени небаланса плеч, то есть, чем дальше от точки $K1$ возникает второе повреждение $K2$, тем больше будет напряжение на KV. Защита имеет мертвую зону, расположенную вблизи точки $K1$ (заштрихованная зона *а-б*). Если второе замыкание окажется в пределах этой зоны, то напряжение U будет меньше $U_{ср}$ и защита не сработает.

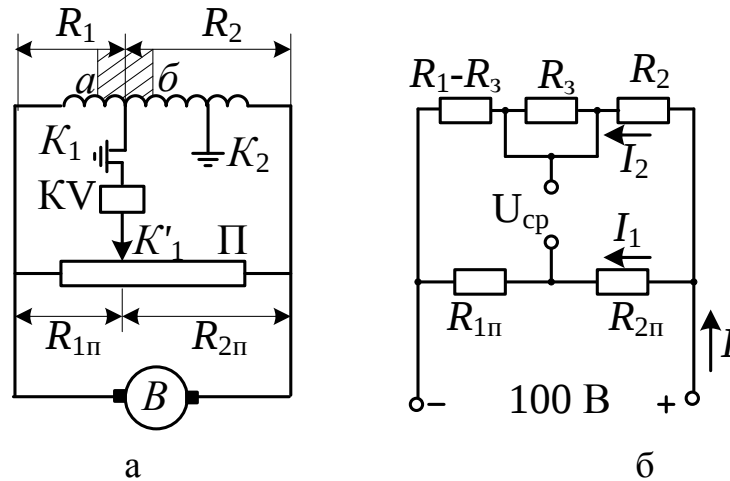


Рис. 4. Схема защиты ОБ от замыкания во второй точке
и схема замещения

$$R_{\Pi} = R_{1\Pi} + R_{2\Pi} - \text{сопротивление потенциометра}$$

В защите от замыканий на землю во второй точке обмотки возбуждения пусковой орган KV включен по схеме (рис. 4, б).

По схеме рис. 4, б составьте систему уравнений по законам Кирхгофа
Учтите, что $R_1/R_2 = R_{1\Pi}/R_{2\Pi}$. Мертвая зона защиты

$$\alpha = R_3/(R_1 + R_2) \rightarrow R_3 = \alpha (R_1 + R_2). \quad (1)$$

Подставьте R_3 из (1) в систему уравнений по законам Кирхгофа и выразите напряжение срабатывания $U_{\text{ср}}(\alpha)$.

Постройте зависимости $U_{\text{ср}}(\alpha)$ при $R_A/R_B = 1$, $R_A/R_B = 3$, $R_A/R_B = 5$ в ПК «Mathcad». Графически определите мертвые зоны защиты при заданном напряжении срабатывания. Пример показан на рис. 5.

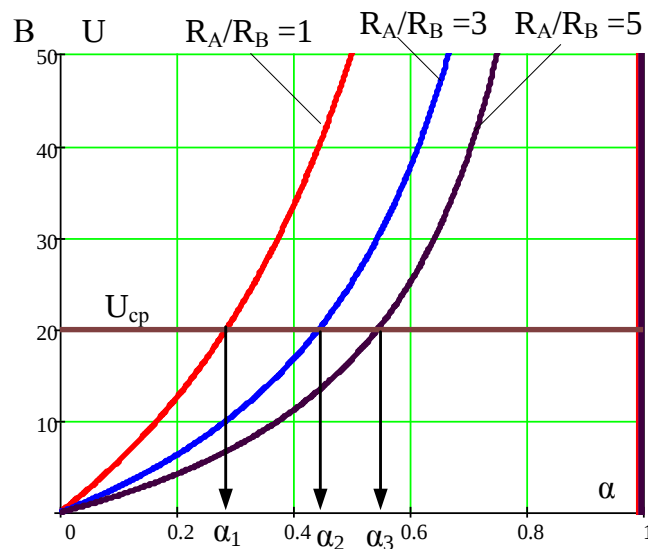


Рис. 5. Пример определения мертвых зоны защиты при заданном напряжении срабатывания