

## РАЗДЕЛ 2. НЕПОЛНОФАЗНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПРЕДАЧ

### РАСЧЕТ НЕПОЛНОФАЗНОГО РЕЖИМА

Неполнофазный нагрузочный режим (НФНР) возникает при переводе ВЛ на режим работы две фазы - нейтраль с отключением одной фазы со всех сторон и заземлением нейтралей трансформаторов как на питающей подстанции, так и на всех подстанциях подключенных к данной линии. Определение возможности работы ВЛ 110, 220 кВ с односторонним питанием в НФНР и оценка допустимой величины мощности, которую можно передать по линии в этом режиме, проводится в следующей последовательности:

- определяется максимальная величина передаваемой мощности по ВЛ, работающей двумя фазами, исходя из технических требований;

- производится оценка влияний на линии связи и железнодорожную сигнализацию, находящихся в зоне влияния данной несимметрично работающей ВЛ;

- производится анализ работы релейной защиты и автоматики ВЛ, работающей в НФНР;

- основываясь на результатах расчета, проводится экспериментальный перевод ВЛ в режим работы двумя фазами, во время которого уточняются параметры режима и технические мероприятия, позволяющие переводить линию в НФНР в минимальное время, и проводится тренировка или обучение персонала.

В неполнофазном режиме происходит и значительное понижение напряжения на шинах нагрузки. Для улучшения качества напряжения возможно уменьшение мощности нагрузки, либо использование дополнительных симметрирующих устройств [5].

Расчет неполнофазного режима проводится методом симметричных составляющих. Для каждого рассматриваемого режима расчет начинается с составления схемы замещения для случая разрыва фазы. Разорванную фазу можно замкнуть, если между точками разрыва включить напряжение  $U_y$ , равное разности потенциалов между точками разрыва. Фазные составляющие токов и напряжений в месте разрыва характеризуются соотношениями  $I_{yA} = 0$ ;  $U_{yB} = U_{yC} = 0$ .

Разложением схемы сети с неполнофазным элементом на симметричные составляющие можно получить схемы отдельных составляющих (рис.6.1), составленные для случая разрыва на линии. Схемы отдельных последовательностей при учете граничных условий можно объединять в комплексную схему замещения (рис.6.2), в которой схемы отдельных последовательностей включаются параллельно (при обрыве одной фазы) по отношению к месту разрыва. При таком объединении схем отдельных последовательностей удовлетворяется требование равенства нулю

суммы токов и равенство между собой напряжений отдельных последовательностей.

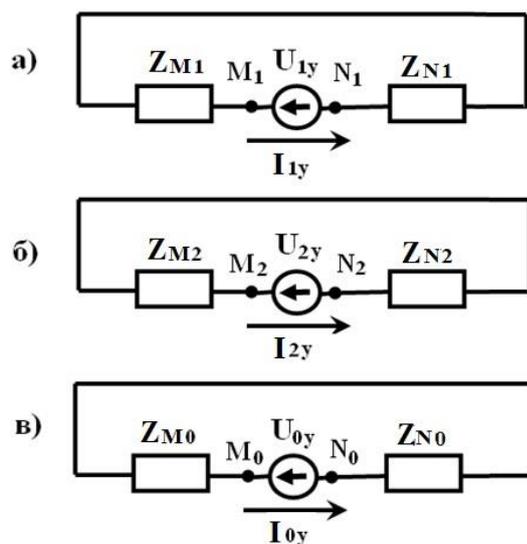


Рис.6.1. Схема замещения линии при разрыве фаз:

*а* - прямая последовательность; *б* - обратная последовательность; *в* - нулевая последовательность

В схемах прямой последовательности значения сопротивлений проводимостей любых элементов сети соответствуют их значениям симметричных режимов. Напряжения питающей системы или генераторов вводятся только в прямую последовательность.

Параметры схем замещения токов обратной последовательности воздушных и кабельных линий, реакторов, конденсаторов и трансформаторов принимают равными параметрам в схеме замещения прямой последовательности.

Схема замещения системы токам нулевой последовательности по структуре отличается от схемы замещения прямой и обратной. Здесь большое значение имеют соединения обмоток трансформаторов сети и заземление их нейтралей. Чтобы из точки КЗ протекал в данную часть схемы ток нулевой последовательности, необходимо, чтобы у трансформатора имелась заземленная нейтраль. Обмотки, незаземленные и соединенные в треугольник, являются фильтрами нулевой последовательности и не дают возможности соответствующим токам протекать дальше по схеме или в землю.

Расчет напряжений и токов в электрической сети при (обрыве) одной и двух фаз на линии с односторонним питанием (рис. 6.2) выполняется в следующей последовательности:

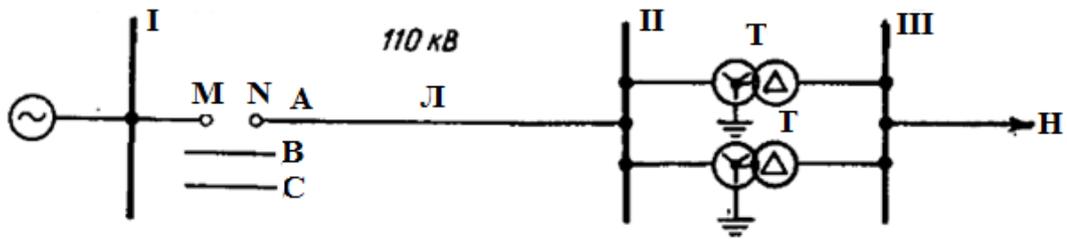


Рис. 6.2. Схема линии электропередачи

1. Составляется схема замещения для расчетной линии электропередачи (рис.6.3).

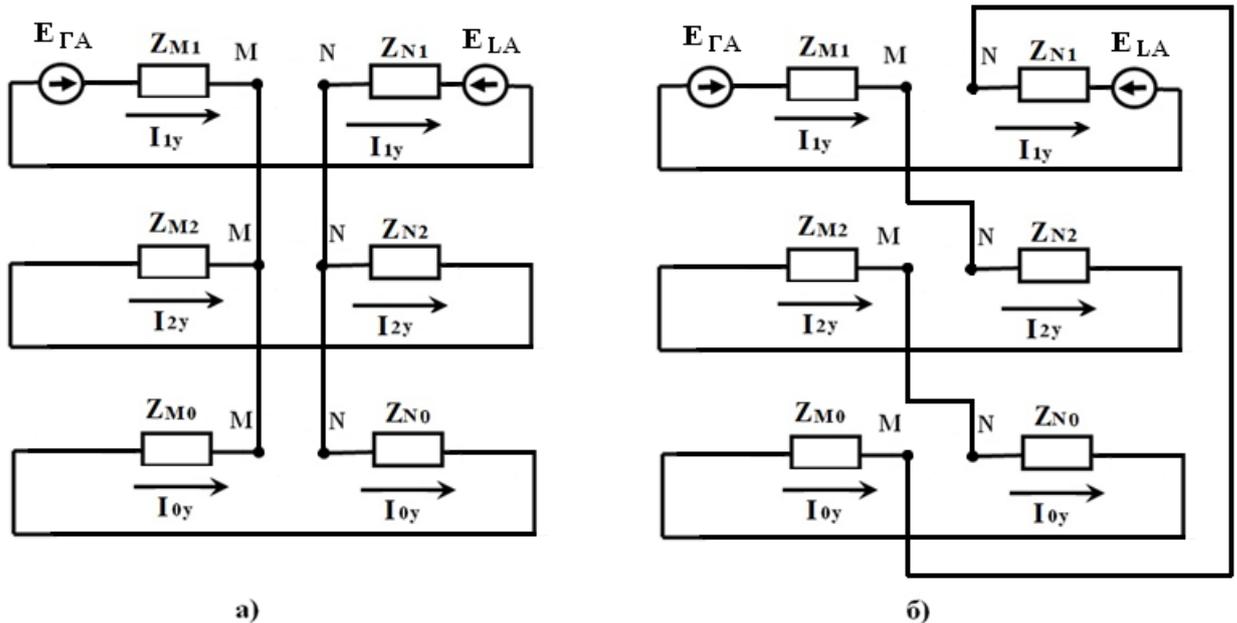


Рис. 6.3. Комплексная схема замещения линии с двусторонним питанием. а) для обрыва фазы А; б) для обрыва фаз В и С.

2. Вычисляются симметричные составляющие напряжений в месте обрыва:

$$U_{2y} = -I_{2y}(Z_{2M} + Z_{2N}) = -I_{2y}Z_{2\Sigma}$$

$$U_{0y} = -I_{0y}(Z_{0M} + Z_{0N}) = -I_{0y}Z_{0\Sigma}$$

$$U_{1y} = -I_{1y}Z_{2\Sigma} = -I_{0y}Z_{0\Sigma}$$

$$\text{где } Z_{2\Sigma} = Z_{2M} + Z_{2N}, \quad Z_{0\Sigma} = Z_{0M} + Z_{0N}$$

3. Вычисляются симметричные составляющие токов в линии в месте обрыва:

$$I_{1y} = \frac{E_{GA} - E_{LA}}{Z_{1\Sigma} + \frac{Z_{2\Sigma}Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}}}$$

$$I_{2y} = -\frac{Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{1y}$$

$$I_{0y} = -\frac{Z_{2\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{1y}$$

где  $Z_{1\Sigma} = Z_{1M} + Z_{1N}$ , для линий с односторонним питанием  $E_{LA} = 0$ .

Соотношения при обрыве двух линий:

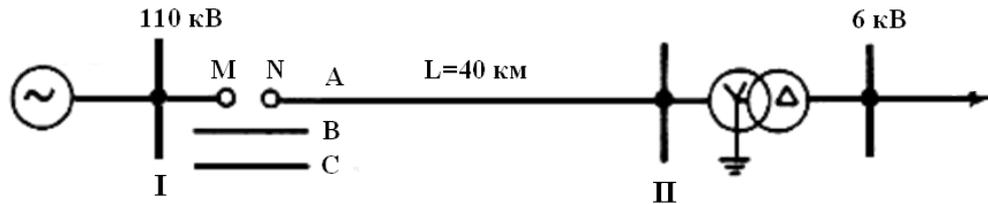
$$I_{2y} = I_{1y} = I_{0y}$$

$$U_{1y} = -(U_{2y} + U_{0y}) = I_{2y}Z_{2\Sigma} + I_{0y}Z_{0\Sigma}$$

$$I_{1y} = I_{2y} = I_{0y} = \frac{E_{\Gamma A} - E_{LA}}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}}$$

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАЧА 6.1. Вычислите токи на линии с односторонним питанием при разрыве фазы А, для схемы электрической сети представленной на рис. 6.4.



$S = 1200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	$X_{1y\delta} = 0,4 \text{ Ом/км}$	$U_k = 10,5 \%$	$S_n = 24 \text{ МВ} \cdot \text{А}$
$Z_{1C} = Z_{2C}$	$X_{0y\delta} = 1,4 \text{ Ом/км}$	$110/6,3 \text{ кВ}$	
$Z_{0C} = 1,4Z_{1C}$	$I_{yA}^{(H)} = 126 \text{ А}$	$S_m = 25 \text{ МВ} \cdot \text{А}$	

Рис. 6.4. Расчетная схема линии электропередачи с односторонним питанием при разрыве фазы А

Схема замещения линии со значениями сопротивлений элементов для дополнительного режима при разрыве фазы А представлена на рис. 6.5.

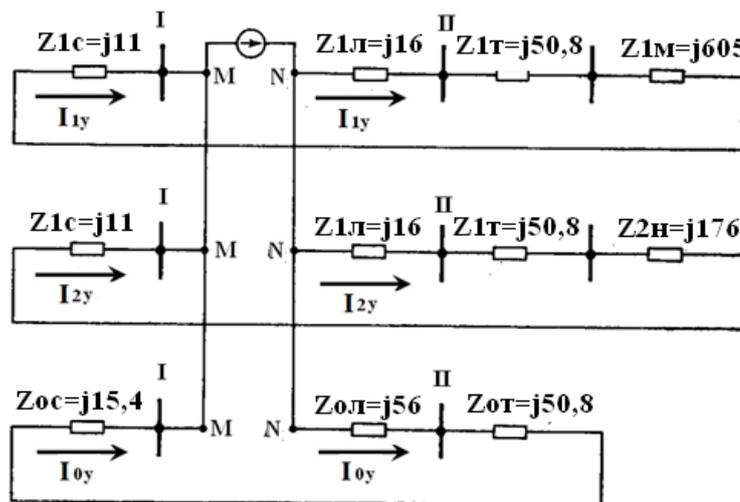


Рис. 6.5. Комплексная схема замещения линии с сопротивлениями элементов для дополнительного режима при разрыве фазы А

Расчет выполняется методом симметричных составляющих. Пользуясь принципом наложения, совмещаем два режима: полнофазный нагрузочный режим (до возникновения разрыва) и дополнительный режим с разрывом.

Расчет выполняется в величинах, отнесенных к базисному напряжению ( $U_{баз} = 115 \text{ кВ}$ ). Определим сопротивления отдельных элементов токам прямой, обратной и нулевой последовательностей. Для упрощения будем учитывать только индуктивные сопротивления элементов.

Сопротивление энергосистемы

$$Z_{1C} = Z_{2C} = \frac{U_{баз}^2}{S} = \frac{115^2}{1200} = j11 \text{ Ом}; Z_0 = 1,4Z_{1C} = j15,4 \text{ Ом}.$$

Сопротивление линии электропередачи

$$Z_{1L} = Z_{2L} = jx_{1\gamma\delta}l = j0,4 \cdot 40 = j16 \text{ Ом}; Z_{0L} = jx_{0\gamma}l = j56 \text{ Ом}.$$

Сопротивление трансформатора (если на подстанциях расположены два трансформатора, тогда полученное значение делим на 2):

$$X_{1T} = X_{2T} = X_{0T} = \frac{U_k U_{ном}^2}{S_{ном}} = \frac{0,105 \cdot 110^2}{25} = j50,8 \text{ Ом}.$$

Сопротивление нагрузки вычисляется по формуле:

$$Z_H = \frac{U^2}{S} = \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{24 \cdot 10^6} = j1,5 \text{ Ом}.$$

где  $S$  – полная мощность узла,  $U$  – напряжение узла.

Вычислим результирующие сопротивления всех последовательностей относительно места разрыва:

$$Z_{1\Sigma} = Z_{1C} + Z_{1L} + Z_{1T} + Z_{1H} = j11 + j16 + j50,8 + j1,5 = j79,3$$

$$Z_{2\Sigma} = Z_{2C} + Z_{2L} + Z_{2T} + Z_{2H} = j11 + j16 + j50,8 + j1,5 = j79,3$$

$$Z_{0\Sigma} = Z_{0C} + Z_{0L} + Z_{0T} = j15,4 + j56 + j50,8 + j1,5 = j123,7$$

Поскольку расчет основывается на равенстве ЭДС симметричного режима и режима работы энергосистемы с несимметричным звеном, рассчитаем ЭДС нормального симметричного режима при заданных нагрузках узлов электрической сети:

$$\bar{E}_T = \frac{U_{базового узла}}{\sqrt{3}} + j \cdot (Z_c) \cdot \bar{I} = \frac{115000}{\sqrt{3}} + j11 \cdot 126 = 67,6 + j1,39 \text{ кВ}$$

Найдём токи прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$I_{1y} = \frac{E_T}{Z_{1\Sigma} + \frac{Z_{2\Sigma} Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}}} = \frac{(67,6 + j1,39) \cdot 10^3}{j79,3 + \frac{j79,3 \cdot j123,7}{j79,3 + j123,7}} = 10,892 - j529,688 \text{ А}$$

$$I_{2y} = -\frac{Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{1y} = -\frac{j123,7}{j79,3 + j123,7} (10,892 - j529,688) = -6,64 + j322,8 \text{ А}$$

$$I_{0y} = -\frac{Z_{2\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{1y} = -\frac{j79,3}{j79,3 + j123,7} (10,892 - j529,688) = -4,26 + j206,9 \text{ А}$$

Далее определим фазные токи в линии электропередачи в месте разрыва. При разрыве одной или двух фаз, фазные токи в линиях или значения напряжений в месте обрыва определяются следующим образом:

$$F_A = F_1 + F_2 + F_0,$$

$$F_B = a^2 F_1 + a F_2 + F_0,$$

$$F_C = a F_1 + a^2 F_2 + F_0$$

где  $a = e^{j120} = -0,5 + j \frac{\sqrt{3}}{2}$  - оператор фазы,  $F$  значение протекающего тока  $I$  или значение напряжения.

По условию задачи определять значение напряжения в месте разрыва не требуется, соответственно протекающие фазные токи в линиях при обрыве фазы А, определяются формулам:

$$I_A = 0;$$

$$I_B = I_{B1} + I_{B2} + I_{B0};$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} + I_{C0},$$

где симметричные составляющие фазных токов фаз В и С определяются через симметричные составляющие фазы А:

$$I_{B1} = I_{1y} * a^2; I_{B2} = a * I_{2y}; I_{B0} = I_{0y}; I_{C1} = a * I_{1y}; I_{C2} = a^2 * I_{2y}; I_{C0} = I_{0y}, \text{ где } a = e^{j120}.$$

Соответственно:

$$I_{B1} = I_{1y} a^2 = (10,892 - j529,688)(e^{j120})^2 = 504.339 - j162.265 \text{ A}$$

$$I_{B2} = I_{2y} a = (-6,64 + j322,8)e^{j120} = -192.83 + j258.96 \text{ A}$$

$$I_{B0} = I_{0y} = -4.26 + j206,9 \text{ A}$$

$$I_{C1} = I_{1y} a = (10,892 - j529,688)e^{j120} = 316.411 - j424.94 \text{ A}$$

$$I_{C2} = I_{2y} a^2 = (-6,64 + j322,8)(e^{j120})^2 = -307.35 + j98.88 \text{ A}$$

$$I_{C0} = I_{0y} = -4.26 + j206,9 \text{ A}$$

Таким образом, фазные токи в месте обрыва в линии будут равны:

$$I_A = 0 \text{ A}$$

$$I_B = I_{B1} + I_{B2} + I_{B0} = 504.339 - j162.265 - 192.83 + j258.96 - 4.26 + j206.9 = 307.249 + j303.595 \text{ A}$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} + I_{C0} = 316.411 - j424.94 - 307.35 + j98.88 - 4.26 + j206.9 = 4.8 - j19.16 \text{ A}$$

**ЗАДАЧА 6.2.** У понижающего трансформатора Т, питающего нагрузку Н (рис. 6.6), на стороне 35 кВ сгорел предохранитель на фазе В. Перегорание предохранителя на рис. 6.6 показано в виде разрыва между точками М и N. Для начального момента разрыва определить токи на сторонах 35 кВ и 11 кВ трансформатора и напряжения на шинах 11 кВ. Сеть 35 кВ работает с изолированной нейтралью. Принять параметры нагрузки до разрыва и в начальный момент разрыва фазы неизменными.

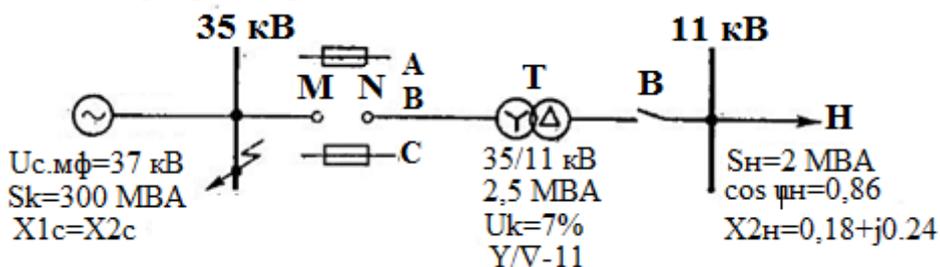


Рис. 6.6. Исходная схема с данными для расчета

Существует несколько режимов работы нейтрали у трансформаторов: изолированная, глухозаземленная и эффективно заземленная. У каждого режима есть свои достоинства и недостатки. В сетях напряжением до 35 кВ включительно применяют изолированную нейтраль. Это означает, что средняя точка обмоток ВН трансформатора не соединена с землей.

Определяем сопротивления всех элементов приведенных к напряжению 35 кВ. Сопротивления системы определяем по формуле:

$$x_{1C} = x_{2C} = \frac{U_c^2}{S_c} = \frac{37^2}{300} = 4,56 \text{ Ом}$$

Сопротивление трансформатора

$$x_{1T} = x_{2T} = \frac{U_k U_{\text{ном.тр}}^2}{S_{\text{ном.тр}}} = \frac{0,07 * 35^2}{2,5} = 34,2 \text{ Ом}$$

Сопротивления нагрузки:

$$Z_{1H} = \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{35^2}{2} = 612,5 \text{ Ом}$$

$$r_{1H} = z_{1H} \cos \varphi_H = 612,5 * 0,86 = 526 \text{ Ом}$$

$$x_{1H} = -z_{1H} \sin \varphi_H = 612,5 * 0,51 = 312 \text{ Ом}$$

$$Z_{2H} = (0,18 + j0,24) Z_{1H} = (0,18 + j0,24) 612,5 = 110 + j147 = 183,5 \text{ Ом}$$

Комплексная схема замещения фазы В при разрыве приведена на рис.6.7, по ней определяем результирующие сопротивления по отношению к месту разрыва:

$$Z_{2\Sigma} = Z_{1c} + Z_{1H} + Z_{1T} = j4,56 + 526 + j312 + j34,2 = 526 + j350,76 \text{ Ом}$$

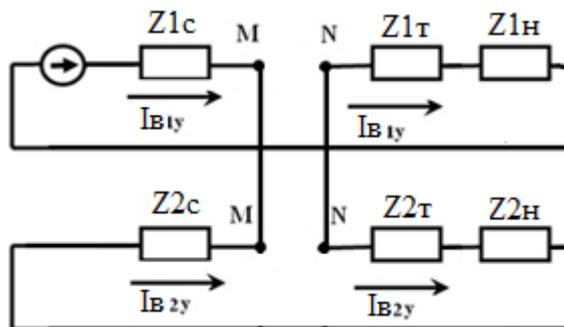


Рис. 6.7. Комплексная схема замещения на фазе В при перегорании предохранителя на этой фазе

$$Z_{2\Sigma} = Z_{2c} + Z_{2H} + Z_{2T} = j4,56 + 110 + j147 + j34,2 = 110 + j185,76 \text{ Ом}$$

Токи прямой и обратной последовательностей определяем по выражению:

$$I_{B1y} = -I_{B2y} = \frac{U_c}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma}} = \frac{37000}{526 + j350,76 + 110 + j185,76} = 25,8 \text{ А}$$

Токи фаз А и С на стороне 35 кВ:

$$I_{Cy} = I_{C1y} + I_{C2y} = a^2 I_{B1y} + a I_{B2y} = 44,6 \text{ А},$$

где  $a = e^{j120} = -0,5 + j \frac{\sqrt{3}}{2}$  - оператор фазы,

$$I_{Ay} = I_{A1y} + I_{A2y} = a I_{B1y} + a^2 I_{B2y} = 44,6A$$

Ток нагрузки на сторонах 35 и 11 кВ:

$$I_{H35} = \frac{S_H}{\sqrt{3}U_H} = \frac{2000}{\sqrt{3} * 35} = 33,1A$$

$$I_{H35} = I_{H35} n_T = 33,1 \frac{35}{11} = 105,4A$$

Абсолютные значения симметричных составляющих токов на стороне 11 кВ трансформатора

$$I_1 = I_2 = I_{B1} n_T = 25,8 \frac{35}{11} = 82A$$

ЗАДАЧА 6.3. На рис. 6.8. приведена схема питания нагрузки (Н) по линии 220 кВ от выделенного блока турбогенератор - трансформатор. Определите:

а). Симметричные составляющие токов и напряжений фазы *A* в месте разрыва на линии у понижающей подстанции;

б). Допустимое время работы турбогенератора по условию нагрева ротора, токами обратной последовательности, при условии постоянного поддержания регулятором напряжения генератора напряжения равного 237 кВ, на стороне высшего напряжения повышающего трансформатора.

При выполнении расчета следует: принять сопротивления нагрузки неизменными как в полнофазном режиме, так и при обрыве одной фазы на линии; в расчете учесть активные и индуктивные сопротивления.

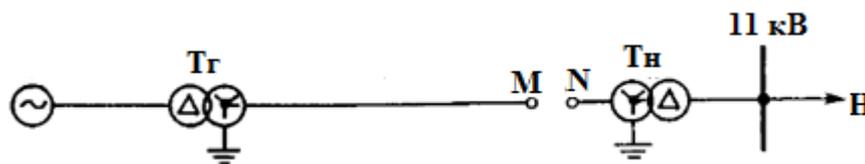


Рис. 6.8. Схема питания нагрузки от выделенного блока генератор – трансформатор

Исходные данные к задаче:

Турбогенератор: тип ТВ2-100,  $P_{ном\ ген} = 100$  МВт;  $U_{ном\ ген} = 13,8$  кВ,  $\cos\phi = 0,85$ ,  $S_{ном\ ген} = 117,5$  МВА,  $x_{2Г} = 0,168$ , тепловая постоянная  $A = 29$ .

Трансформатор  $T_{Г}$ :  $S_{ном} = 125$  МВА,  $n_{ТГ} = 13,8/230$  кВ,  $U_k = 13\%$ ,  $\Delta/Y - 11$ .

Трансформатор  $T_{Н}$ :  $S_{ном} = 125$  МВА,  $n_{ТН} = 220/11$  кВ,  $\Delta/Y - 11$ .

Линия: длина  $L = 180$  км,  $x_{1уд} = x_{2уд} = 0,42$  Ом/км,  $r_{1уд} = r_{2уд} = 0,105$  Ом/км,  $x_{0уд} = 1,47$  Ом/км,  $r_{0уд} = 0,25$  Ом/км.

Нагрузка  $H$ :  $S_H = 90$  МВА,  $\cos\phi_H = 0,85$ ,  $Z_{2H} = 0,18 + j0,24$ .

При расчете следует пренебречь емкостью линии  $L$  между проводами и емкостью проводов относительно земли.

Составим схему замещения электрической сети (рис. 6.9).

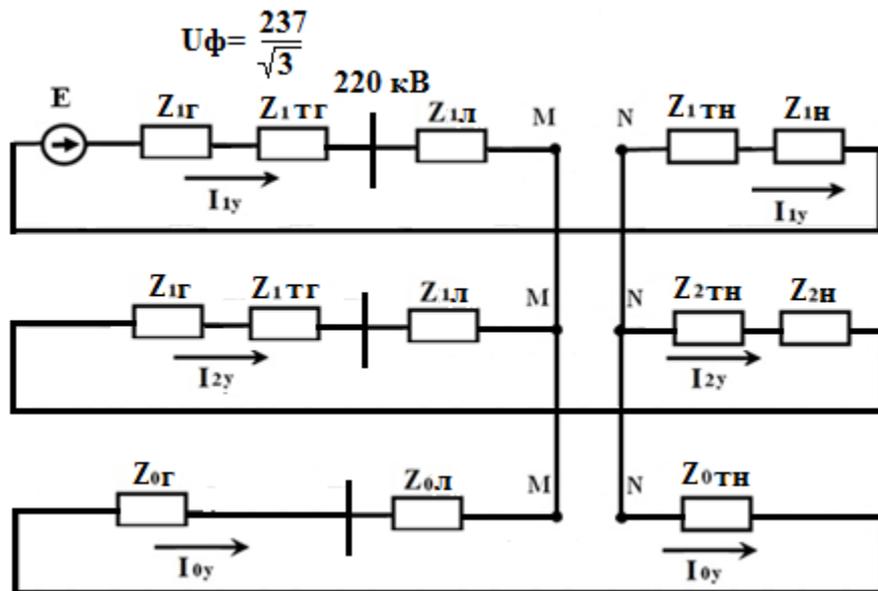


Рис. 8.2. Комплексная схема замещения обрыва фазы на линии

Определяем сопротивления отдельных элементов и токи всех последовательностей, приведенные к напряжению 220 кВ. Сопротивления нагрузки Н:

$$Z_{1Н} = \frac{U_{ф.н.}}{I_{ф.н.}} = \frac{U_{мф}^2}{S_H} = \frac{220^2}{90} = 538 \text{ Ом}$$

$$r_{1Н} = z_{1Н} \cos \varphi_H = 538 * 0,85 = 458 \text{ Ом}$$

$$x_{1Н} = z_{1Н} \sin \varphi_H = 538 * 0,53 = 286 \text{ Ом}$$

$$Z_{1Н} = 458 + j286 = 538 \text{ Ом}$$

$$Z_{2Н} = Z_{1Н} (0,18 + j0,24) = 538 (0,18 + j0,24) = 97 + j129 = 161 \text{ Ом}$$

Сопротивления понижающего и повышающего трансформатора:

$$x_{1ТН} = x_{2ТН} = x_{0ТН} = \frac{U_K U_{ном.ТН}^2}{S_{ном.ТН}} = \frac{0,13 * 220^2}{125} = 50,3 \text{ Ом}$$

$$x_{1Т2} = x_{2Т2} = x_{0Т2} = \frac{0,13 * 230^2}{125} = 55 \text{ Ом}$$

Сопротивление линии Л:

$$Z_{1Л} = Z_{2Л} = L(r_{1y\partial} + jx_{1y\partial}) = 180(0,105 + j0,42) = 18,9 + j75,6 = 77,8 \text{ Ом}$$

$$Z_{0Л} = L(r_{0y\partial} + jx_{0y\partial}) = 180(0,25 + j1,47) = 45 + j264 = 268 \text{ Ом}$$

Сопротивление обратной последовательности генератора определяем по выражению:

$$x_{2Г} = \frac{x_{2Г} \% U_{ном.г}^2 n_{Т2}^2}{100 S_{ном.г}} = \frac{16,8 * 13,8^2 \left(\frac{230}{13,8}\right)^2}{100 * 117,5} = 75,7 \text{ Ом}$$

где  $n_{Т2}$  - коэффициент трансформации. Поскольку регулятор напряжения генератора поддерживает напряжение на стороне высшего напряжения трансформатора постоянным, в схеме прямой последовательности необходимо принять сопротивления генератора и трансформатора  $T_T$  равными нулю.

Вычислим результирующие сопротивления всех последовательностей относительно места разрыва:

$$Z_{1\Sigma} = Z_{1л} + Z_{1Гн} + Z_{1Н} = 18,9 + j75,6 + j50,3 + 458 + j286 = 477 + j412 = 6310\text{м}$$

$$Z_{2\Sigma} = Z_{2г} + Z_{2Гг} + Z_{2Гн} + Z_{2л} + Z_{2Н} = j75,7 + j55 + 18,9 + j75,6 + j50,3 + 97 + j129 = 4020\text{м}$$

$$Z_{0\Sigma} = Z_{0л} + Z_{0Гг} + Z_{0Гн} = 45 + j264 + j55 + j50,3 = 45 + j369,3 = 371,50\text{м}$$

Токи фазы А в месте разрыва определяем по выражениям:

$$I_{A1y} = \frac{U_{Tг}}{Z_{1\Sigma} + \frac{Z_{2\Sigma}Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}}} = \frac{\frac{237000}{\sqrt{3}}}{477 + j412 + \frac{402 \cdot 371,5}{115,9 + j385,6 + 45 + j369,3}} = 172,6\text{А}$$

$$I_{A2y} = -\frac{Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{A1y} = \frac{371,5 \cdot 172,6}{772} = 83\text{А}$$

$$I_{0y} = -\frac{Z_{2\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} I_{A1y} = \frac{-402 \cdot 172,6}{772} = 90\text{А}$$

Допустимое время  $t_{\text{доп}}$  из условия предотвращения повреждения ротора генератора из-за перегрева токами обратной последовательности характеризуется уравнением адиабатного процесса:  $I_2^2 t_{\text{доп}} = A$ , где  $I_2$ - кратность эффективного тока обратной последовательности по отношению к номинальному току генератора;  $A$ - постоянная для данного типа генератора величина; для турбогенератора без форсированного охлаждения типа ТВ2  $A = 29$ ;  $t_{\text{доп}}$ - допустимое время, с. Из этого уравнения определяем допустимое время работы турбогенератора, для чего вычислим  $I_2$

Ток обратной последовательности, протекающий в генераторе:

$$I_2 = I_{A2y} n_{Tг} = 83 \frac{230}{13,8} = 1383\text{А}$$

Номинальный ток генератора:

$$I_{\text{ном.г}} = \frac{S_{\text{ном.г}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном.г}}} = \frac{117500}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 4920\text{А}$$

Относительный ток обратной последовательности, протекающий через генератор:

$$I_2 = \frac{I_2}{I_{\text{ном.г}}} = \frac{1383}{4920} = 0,281\text{А}$$

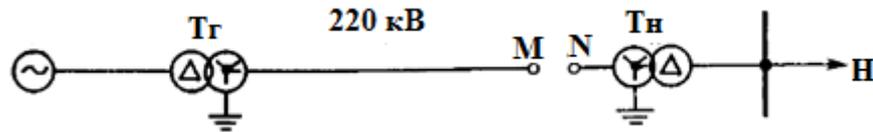
Допустимое время:

$$t_{\text{доп}} = \frac{A}{I_2^2} = \frac{29}{0,281^2} = \frac{29}{0,079} = 367\text{с}$$

## ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

**ЗАДАЧА 6.4.** По действительным значениям токов полученных в задаче 6.1. постройте векторную диаграмму несимметричных токов в месте разрыва.

**ЗАДАЧА 6.5.** Вычислите токи и напряжения на линии с односторонним питанием при разрыве фазы В и С для схемы электрической сети представленной на рис. 8.3.



$$S_k = 240 \text{ МВт}$$

$$x_{1уд} = x_{2уд} = 0,4 \text{ Ом/км}$$

$$U_k = 14 \%$$

$$S_H = 300 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

$$Z_{1C} = Z_{2C}$$

$$L = 230 \text{ км}$$

$$X_{0уд} = 1,4 \text{ Ом/км}$$

$$S_{\text{ном тр}} = 220 \text{ МВт}$$

$$I_{yA}^{(H)} = 126 \text{ А}$$

Рис. 8.3. Расчетная схема линии электропередачи с односторонним питанием при разрыве фазы В и С

### Контрольные вопросы

1. Какими могут быть соотношения между фазными величинами и симметричными составляющими?
2. В чём причины, определяющие различие сопротивлений элементов ЭЭС токам обратной и нулевой последовательности по сравнению с прямой последовательностью?
3. Как определяются параметры токов обратной последовательности?
4. Какой порядок составления схем различных последовательностей?
5. В чём достоинства и недостатки метода симметричных составляющих при его применении к расчётам несимметричных режимов ЭЭС?