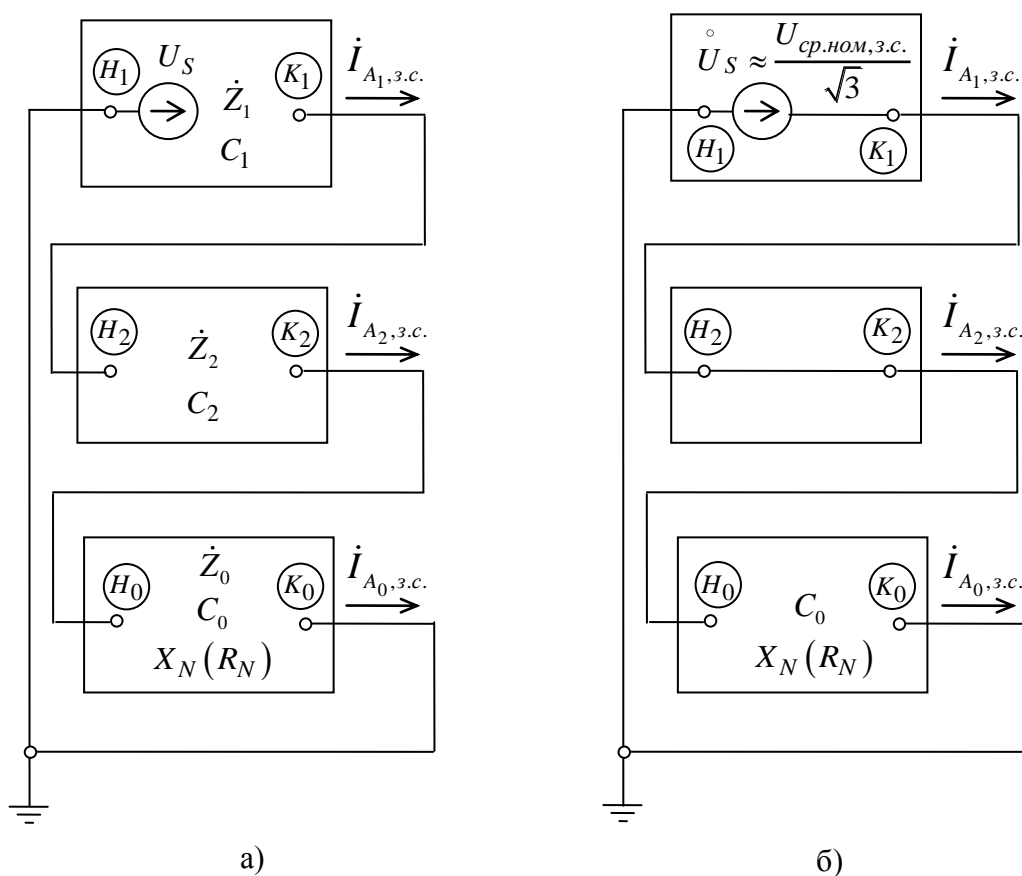


Упражнение № 8

ТЕМА: ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ЕФЕКТИВНИТЕ СТОЙНОСТИ НА ТОКОВЕТЕ ПРИ ЗЕМНО СЪЕДИНЕНИЕ

Въведение: Разпределителните мрежи за средно напрежение, по отношение на режима на неутралата биват: – 1) с изолирана неутрала; 2) заземена през индуктивно съпротивление (Петерсенова бобина) неутрала; 3) заземена през активно съпротивление (резистор) неутрала. Независимо от режима на неутралата, съединяването на един фазов токовод със земя се нарича земно съединение (е.з.с.), а не еднофазно к.с. При изолирана неутрала, пътят за затваряне на тока на земното съединение през капацитивната проводимост спрямо земя на всички галванически свързани фазни тоководи на мрежата, т.е. през капацитетите на нулева последователност на цялата мрежа, а не само на елемента, в който е възникнало з.с. При мрежите със заземени неутрала, ток тече и през заземения елемент. Ето защо, в еквивалентните заместващи схеми трябва да се отчитат и капацитивните проводимости и заземителните съпротивления.

Граничните условия за тока и напрежението в мястото на з.с. са аналогични на тези при еднофазно к.с. Затова, комплексната заместваща схема е аналогична на тази при еднофазна к.с. Разликата е само в това, че при земно съединение се отчитат и капацитетите на елементите, както е показано на фиг.8.1.а). Като се отчетат съотношенията между параметрите на елементите за симетричните съставлящи е ясно, че в инженерната практика е допустимо използването на опростената комплексна заместваща схема, показана на фиг.8.1.б).

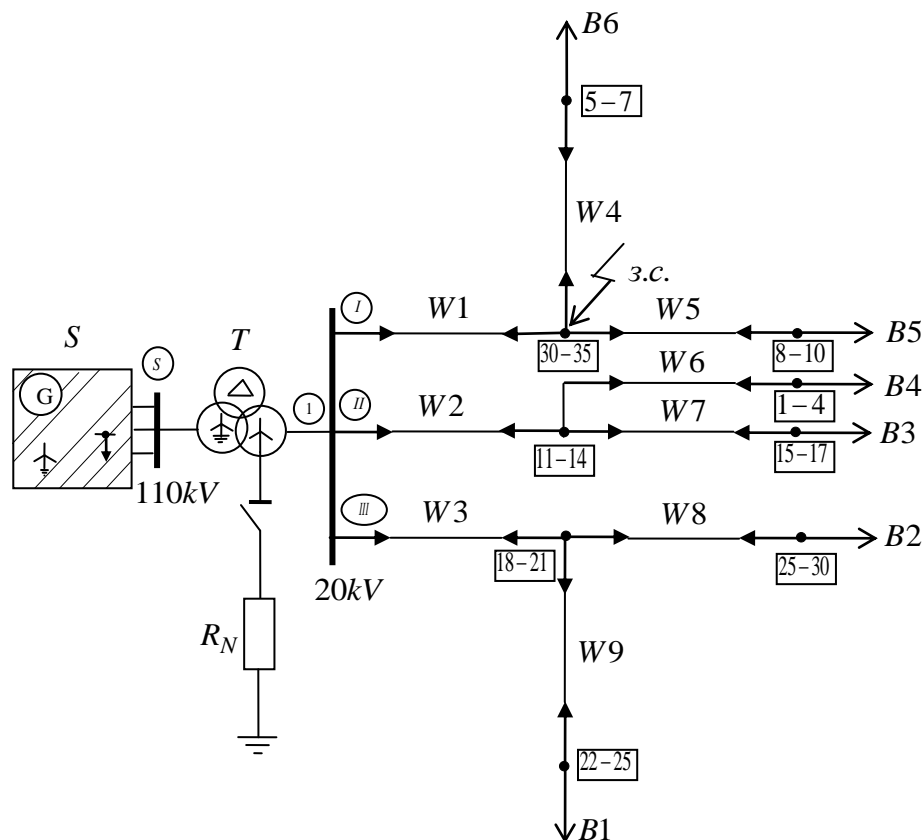


Фиг.8.1. Комплексни заместващи схеми за земно съединение:
а) пълна; б) опростена

В тази схема се отчитат само капацитетите за нулевата последователност C_0 на галванически свързани елементи от мрежата със з.с. и заземяващи съпротивления X_N или R_N . Приведеното напрежение на системата \dot{U}_S е приблизително равно на фазното средно номинално напрежение ($U_{ср.ном.з.с.}/\sqrt{3}$) на мрежата със з.с. Ще отбележим, че чрез опростената схема се получават приближени решения, защото големината на тока в мястото на земното съединение по тази схема не зависи от мястото на з.с. С практически същата точност се определя и токоразпределението в мрежата на тока с нулева последователност. Ясно е, че за токоразпределение на тока с права и обратна последователност не може да се говори.

Задача 1: На фиг.8.1 е показана принципната схема на кабелна електрическа мрежа. Във възел (х-у) е възникнало метално земно съединение. Да се изчислят ефективните стойности на токовете на нулева последователност в изходите от подстанцията $\dot{I}_{0,I}, \dot{I}_{0,II}, \dot{I}_{0,III}$ (където се монтират измервателните трансформатори за измерване на тока с нулева последователност за целите на релейниата защита) и на тока в мястото на земното съединение $\dot{I}_{з.с.}$, при условие, че:

- звездния център на трансформатора Т е изолиран;
- звездния център на трансформатора Т е заземен през $R_N = 40\Omega$.



Фиг.8.2

Методични указания.

Решението да се направи с използване на опростената комплексна заместваща схема фиг.8.1.б.

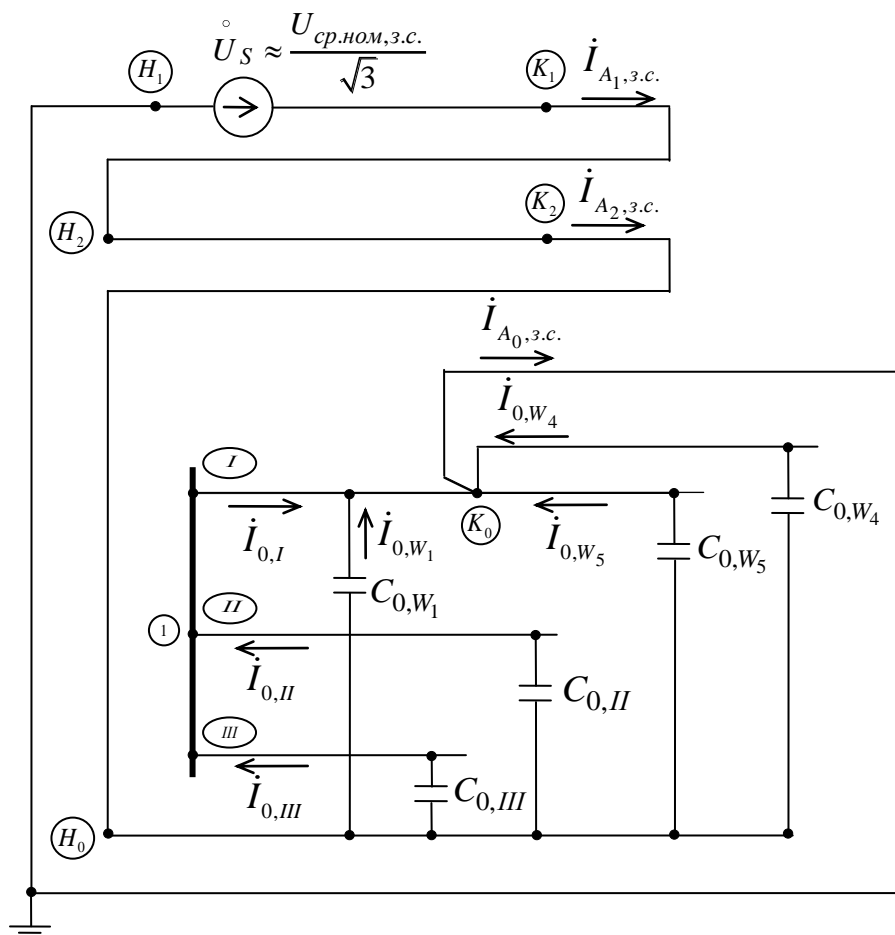
Студентът изчислява з.с. във възел, съответстващ на номера от списъка на групата. Например, з.с. във възел 30-35 ще изчисляват студентите с номера от списъка от 30-35 включително. И за двете подусловия, решението включва по два етапа: 1. Съставяне на опростена комплексна заместваща схема. 2. Изчисляване на търсените токове.

а) Звездния център на трансформатора Т е изолиран.

□ 1. Съставяне на опростена комплексна заместваща схема

Отчитат се само C_0 на елементи от галванически свързаната мрежа. Понеже се търсят токовете на нулева последователност в изводите от подстанцията $I_{0,I}$, $I_{0,II}$ и $I_{0,III}$, в схемата капацитетите се отразяват както следва:

- 1.1. За изводите без земно съединение, капацитетите на всички електропроводи в извода се обобщават в един капацитет;
- 1.2. За изводите със земното съединение, капацитетите на електропроводите в извода се представят самостоятелно. (Те могат да бъдат обобщавани до два капацитета за електропроводите преди земното съединение и за тези, след земното съединение).



Фиг.8.3

За з.с. във възел 30–35, опростената заместваща схема, съобразно казаното, ще е от вида на фиг.8.3. Обърнете внимание, че посоката на тока на нулевата последователност в изводите без з.с. е от мрежата към шините на подстанцията, а в извода със з.с. е от шините към мрежата. Токът в началото на извода със з.с. е равен на сумата от токовете на нулева последователност в изводите без з.с.

Токът на нулева последователност в мястото на з.с. $\dot{I}_{A_0,з.с.}$ е сума от тока в началото на извода със з.с. и капацитивните токове на нулева последователност на електропроводите в извода. Тези електропроводи са групирани на електропроводи преди з.с. и електропроводи след з.с. За отбелязване е, че нито една от двете групи не променя тока в началото на извода със з.с.

При изчисляването на капацитета за нулева последователност да се има в предвид следното:

за трижилни кабели (АСБ) – $C_{0,W_i} \approx 0,55 \cdot C_{раб,W_i} \cdot L_{W_i}$, F;

за едножилни кабели (САХЕКТ) – $C_{0,W_i} = C_{раб,W_i} \cdot L_{W_i}$, F.

За капацитетите на нулева последователност на изводи II и III се получава:

$$C_{0,II} = C_{0,W_2} + C_{0,W_6} + C_{0,W_7}$$

$$C_{0,III} = C_{0,W_3} + C_{0,W_8} + C_{0,W_9}$$

□ 2. Определяне на търсените токове

От фиг.8.3. следва:

$$\dot{I}_{0,III} = j\omega \cdot C_{0,III} \cdot \overset{\circ}{U}_s , \text{ A ;}$$

$$\dot{I}_{0,II} = j\omega \cdot C_{0,II} \cdot \overset{\circ}{U}_s , \text{ A ;}$$

$$\dot{I}_{0,I} = \dot{I}_{0,II} + \dot{I}_{0,III} , \text{ A ;}$$

$$\dot{I}_{A_0,з.с.} = \dot{I}_{0,I} + \dot{I}_{0W_1} + \dot{I}_{0W_4} + \dot{I}_{0W_5} , \text{ A ;}$$

$$\dot{I}_{зс} = 3\dot{I}_{A_0,з.с.} , \text{ A ;}$$

където:

$$\omega = 2\pi f_n = 314 , \text{ rad/s ;}$$

$$\dot{I}_{0,W_1} = j\omega \cdot C_{0,W_1} \cdot \overset{\circ}{U}_s , \text{ A ;}$$

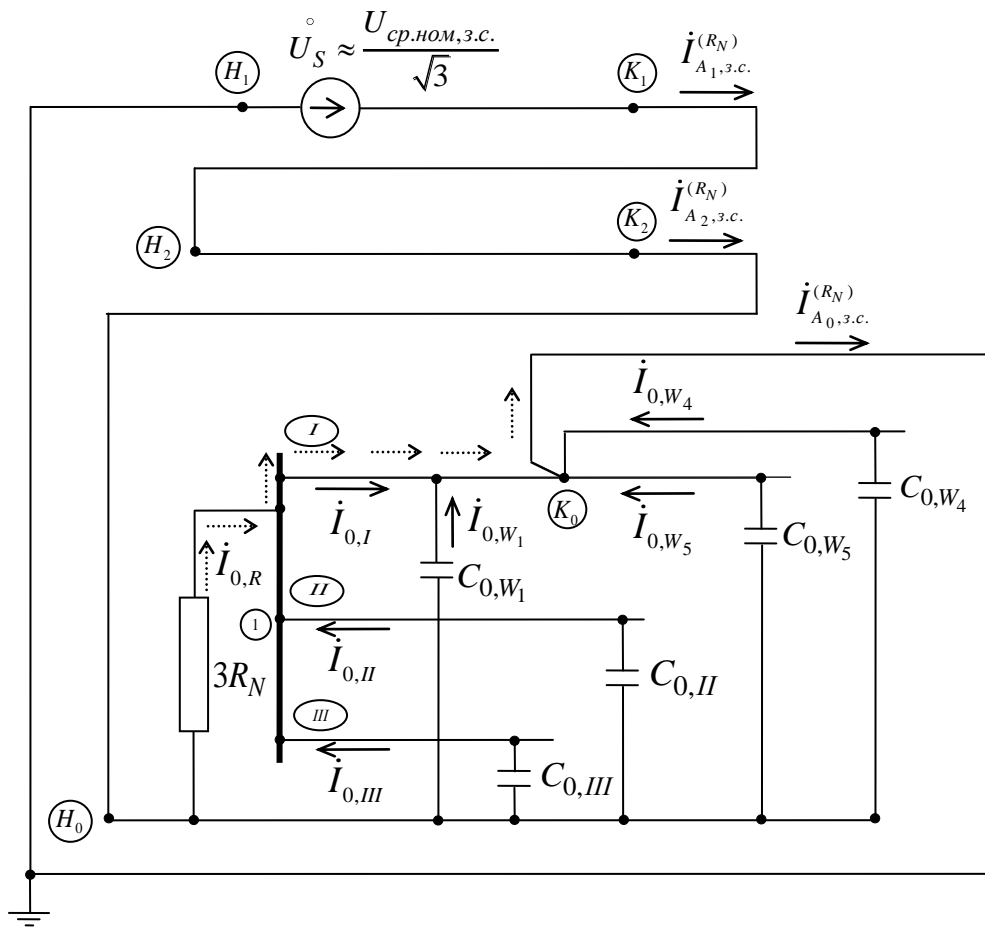
$$\dot{I}_{0,W_4} = j\omega \cdot C_{0,W_4} \cdot \overset{\circ}{U}_s , \text{ A ;}$$

$$\dot{I}_{0,W_5} = j\omega \cdot C_{0,W_5} \cdot \overset{\circ}{U}_s , \text{ A .}$$

б) Звездният център на трансформатора T е заземен през $R_N = 40\Omega$.

□ 1. Съставяне на опростена комплексна заместваща схема

При заземяване на звездния център на трансформатора T следва в схемата на нулевата последователност заземителното съпротивление да се отрази с утроената си стойност. В опростената заместваща схема това съпротивление се включва паралелно на капацитетите, т.е. между началото на схемата на нулевата последователност H_0 и възел 1 (вж. фиг.8.4.).



Фиг.8.4.

□ 2. Определяне на търсените токове

От фиг.8.4. се вижда, че заземяването на T променя само тока на нулева последователност в извода със з.с., от подстанцията до мястото на з.с. и в мястото на земното съединение. Всички останали токове са както в подточка а).

$$i_{0,R} = \frac{U_s}{3R_N}, \text{ A};$$

$$i_{0,I}^{(R_N)} = i_{0,I} + i_{0,R}, \text{ A};$$

$$i_{A0,3.c.}^{(R_N)} = i_{A0,3.c.} + i_{0,R}, \text{ A};$$

$$i_{з.с.}^{(R_N)} = 3i_{A0,3.c.}^{(R_N)}, \text{ A}.$$

Задачи за самостоятелна работа

Задача 2.1: Да се реши задача 1. при условие, че звездният център на трансформатора T е заземен през индуктивно съпротивление $X_N = 180 \Omega$.

Указания: Използва се заместващата схема от фиг.8.3. , в която вместо $3R_N$ се поставя $j3.X_N$.



Задача 2.2: Да се реши задача 1. при условие, че земното съединение не е метално, а е през електрическа дъга, с активно съпротивление $R_D=50\Omega$.

Указания: Съпротивлението R_D се включва към краищата на схемите за права, обратна и нулева последователност, което по отношение на изчисляването на търсените токове е еквивалентно на свързване на K_0 и H_I в комплексните схеми на фиг.8.2. и фиг.8.3. чрез съпротивление, със стойност $3R_D$.

Задача 2.3: В една координатна система на комплексната равнина, в мащаб по избор, да се начертаят векторните диаграми на напрежението U_S° и токовете на нулевата последователност в мястото на земното съединение ($\dot{I}_{A_0,з.с.}$) и в началото на извода със земното съединение, получени от решението на задача 1 и задача 2.1..Да се сравнят резултатите и да се направят изводи.

Данни за ЕЕС:

табл.8.1 – параметри на кабелните електропроводи

№	марка	L_w	$C_{раб}$
	–	km	$\mu F/km$
W1	АСБ-150	2,8	0,51
W2	АСБ-150	4,1	0,51
W3	АСБ-185	5,2	0,62
W4	АСБ-120	3,8	0,46
W5	АСБ-120	2,3	0,46
W6	АСБ-95	1,8	0,42
W7	АСБ-95	0,8	0,42
W8	САХЕКТ-120	1,5	0,203
W9	САХЕКТ-95	2	0,188