

## Работа 1

### РАСЧЕТ РЕЖИМА ПРОСТЕЙШЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ «РАСТР»

**Цель работы:** выработка навыков расчета установившихся режимов электрических систем с помощью программы «РАСТР» ([www.RastrWin.ru](http://www.RastrWin.ru)); умение оценивать режимы электрических сетей по уровням напряжений, получать режимы отвечающие нормативным требованиям с помощью средств регулирования напряжения.

#### **Программа работы**

1. Выполните задание на подготовительную работу.
2. Подготовьте файл исходных данных программы для расчета установившегося режима электрической сети, состоящей из электрической станции, линии электропередачи и повышающего и понижающего трансформаторов и нагрузки.
3. Рассчитать установившийся режим заданной сети.
4. Выполнить анализ полученных результатов расчета установившегося режима для различных значений нагрузки по допустимым отклонениям напряжения.
5. Использовать различные мероприятия по обеспечению требуемого уровня на нагрузке.

#### **Задание на подготовительную работу**

1. Ознакомиться с рекомендуемыми разделами литературы.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. В соответствии с вариантом задания рассчитайте параметры электрической сети.
4. Подготовьте таблицы для составления протокола работы.

#### **Содержание отчета**

1. Принципиальная схема электрической сети с указанием параметров ЛЭП, трансформаторов и нагрузок.
2. Схема замещения электрической сети.
3. Таблицы и рисунки с результатами расчетов напряжений шинах подстанций.
4. Расчет регулировочных ответвлений трансформаторов.

5. Выводы по работе с оценкой эффективности мероприятий по обеспечению требуемых уровней напряжений нагрузочного узла.

### Пояснения к работе

Электроприемники и аппараты, работающие в сетях, предназначены для работы при определенных номинальных параметрах: частоте переменного тока, напряжении и т.п. Таким образом, при работе электрической системы должно быть обеспечено требуемое качество электроэнергии. Одним из основных показателей качества электроэнергии является отклонение напряжения – это разность между действительным значением напряжения  $U$  и его номинальным значением для сети  $U_{ном}$ :

$$V_{\%} = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100.$$

Работа электроприемников при значениях напряжения, отличных от номинального, характеризуется ухудшением технико-экономических показателей. Для предотвращения этого ухудшения допускается отклонение напряжения на зажимах электроприемников  $\pm 5\%$  от  $U_{ном}$ .

Одним из основных способов обеспечения требуемого уровня напряжения на нагрузке является использование регулировочных ответвлений трансформаторов и автотрансформаторов, изменяющих их коэффициент трансформации. Регулировочные ответвления могут переключаться без возбуждения (ПБВ), т.е. с отключением трансформатора, или регулироваться под нагрузкой (РПН).

### Методические указания

Для поведения расчета установившегося режима электрической сети исходную схему энергосистемы (рис.1) преобразуют в схему замещения (рис.2), на которой все элементы (трансформаторы, линии электропередач и потребители) представлены их схемами замещения в соответствии с принятыми допущениями.

Сопротивления и проводимости элементов схемы замещения определяют по каталожным данным элементов электрической системы, которые часто задают в процентах от номинальных значений. Реактивное сопротивление генератора или синхронного компенсатора может быть определено по формуле:

$$x_z = \frac{x_{z,ном} \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{ном}}$$

где:  $U_{ном}$  – номинальное напряжение аппарата, кВ;  
 $S_{ном}$  – его номинальная мощность, МВА;  
 $x_{г,ном.}$  – сопротивление аппарата (здесь – генератора), заданное в процентах от его номинального сопротивления.

Реактивное сопротивление двухобмоточного трансформатора, приведенное к ступени напряжения  $U_{ном}$ , рассчитывается следующим образом:

$$x_m = \frac{u_k \cdot U_{ном}^2}{100 \cdot S_{ном}}$$

где:  $u_k$  – напряжение короткого замыкания трансформатора, заданное в процентах от его номинального напряжения.

Параметры П-схемы замещения ЛЭП определяются по формулам:

$$\dot{Z}_л = R_л + jX_л = \left( \frac{r_{л0}}{n_y} + j \frac{x_{л0}}{n_y} \right) \cdot l;$$

$$B_л = n_y \cdot b_{л0} \cdot l;$$

где:  $r_{л0}$ ,  $x_{л0}$  и  $b_{л0}$  – погонные параметры линии, принимаются в соответствии с [1], Ом/км;

$l$  – длина линии, км.

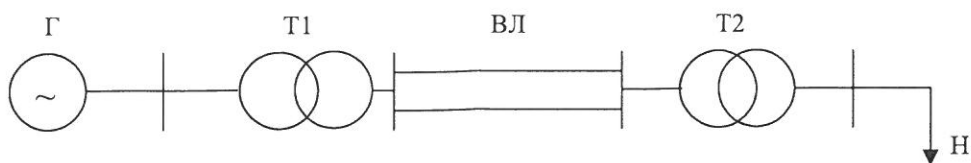


Рис.1 Исходная схема электроэнергетической системы

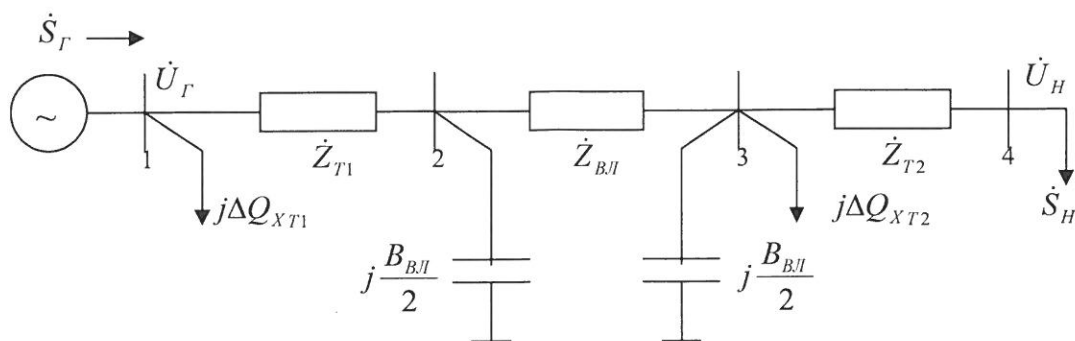


Рис.2 Расчетная схема замещения

### Контрольные вопросы

1. Как моделируются элементы электрических сетей и рассчитываются их параметры?
2. Как с помощью трансформаторов можно регулировать напряжение нагрузочных узлов?
3. Какие типы регулирующих устройств существуют у трансформаторов?
4. Какие требования по уровню напряжения задаются в нормативных документах?

Табл.1 Варианты заданий

№ вар	$U_{г.ном.}$ кВ	$S_{m1}$ МВА	$n_{m1}$	$U_{бл}$ ном. кВ	$I_{бл}$ кА	$n_{ц.бл}$	$S_{m2}$ ном. МВА	$n_{m2}$	$P_H$ МВт	$\cos\varphi$	$U_{H.ном.}$ кВ
1	10,5	40	3	110	50	2	63	2	80	0,92	10
2	13,8	125	2	220	160	2	100	2	140	0,95	10
3	10,5	40	2	110	60	2	40	2	50	0,9	10
4	13,8	125	3	220	160	2	160	2	180	0,92	10
5	10,5	40	2	110	45	2	40	2	60	0,9	10
6	15,75	200	2	220	100	2	160	2	210	0,92	10
7	10,5	40	3	110	40	2	40	2	40	0,9	10
8	13,8	125	2	220	120	2	160	2	200	0,92	10
9	10,5	40	3	110	47	2	63	2	70	0,9	10
10	10,5	63	2	110	40	2	40	2	45	0,8	10
11	15,75	250	2	150	60	2	63	2	80	0,92	10
12	13,8	250	2	150	65	2	32	2	37	0,94	10
13	15,75	250	2	150	70	2	16	2	18	0,95	10
14	13,8	250	2	150	75	2	63	2	75	0,9	10
15	10,5	250	2	150	70	2	32	2	36	0,92	10
16	13,8	125	2	110	57	2	80	2	96	0,93	10
17	13,8	125	3	220	140	2	160	2	175	0,9	10
18	13,8	125	3	110	40	2	125	2	140	0,91	10
19	15,75	200	2	220	150	2	160	2	185	0,88	10
20	13,8	80	2	110	45	2	63	2	82	0,89	10
21	10,5	80	3	220	140	2	100	2	135	0,92	10
22	10,5	40	2	110	50	2	40	2	55	0,87	10
23	18	200	2	220	135	2	100	2	130	0,91	10
24	13,8	80	2	110	55	2	80	2	95	0,88	10
25	10,5	32	3	35	10	2	40	2	53	0,9	10
26	10,5	25	3	35	15	2	32	2	36	0,93	10
27	6,3	25	2	35	12	2	16	2	18	0,91	10
28	10,5	63	2	35	18	2	40	2	55	0,88	10
29	10,5	40	3	35	16	2	40	2	45	0,9	10
30	6,3	16	3	35	19	2	25	2	28	0,89	10