Фрагмент из учебного пособия

Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова, И.М. Кац

ПРИМЕНЕНИЕ ПК «МУСТАНГ» ДЛЯ РАСЧЕТОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

1. ПРИМЕР РАСЧЕТА УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ В ПК «MUSTANG»

Для начинающих пользователей

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, авторы рекомендуют изучить данный пример, в котором изложены правила подготовки исходных данных и создания базы данных для расчета установившихся режимов в ПК «**MUSTANG**».

Задание

Для схемы рис. 1 при заданных нагрузках рассчитайте:

- напряжения на шинах электростанции (ЭСТ), шинах подстанций (ПС1, ПС2) и на шинах нагрузок $\underline{S}_1$, $\underline{S}_2$, $\underline{S}_3$;
- загрузку генератора по реактивной мощности;
- токи в линиях Л1, Л2;
- токи в нагрузках $\underline{S}_1$, $\underline{S}_2$, $\underline{S}_3$;
- потоки активной и реактивной мощностей по линиям Л1, Л2 с учетом направления;
- потоки активной и реактивной мощностей, поступающие через Т4 в систему или из системы;
- потери активной мощности в линиях Л1, Л2, а также суммарные активные потери в сети.

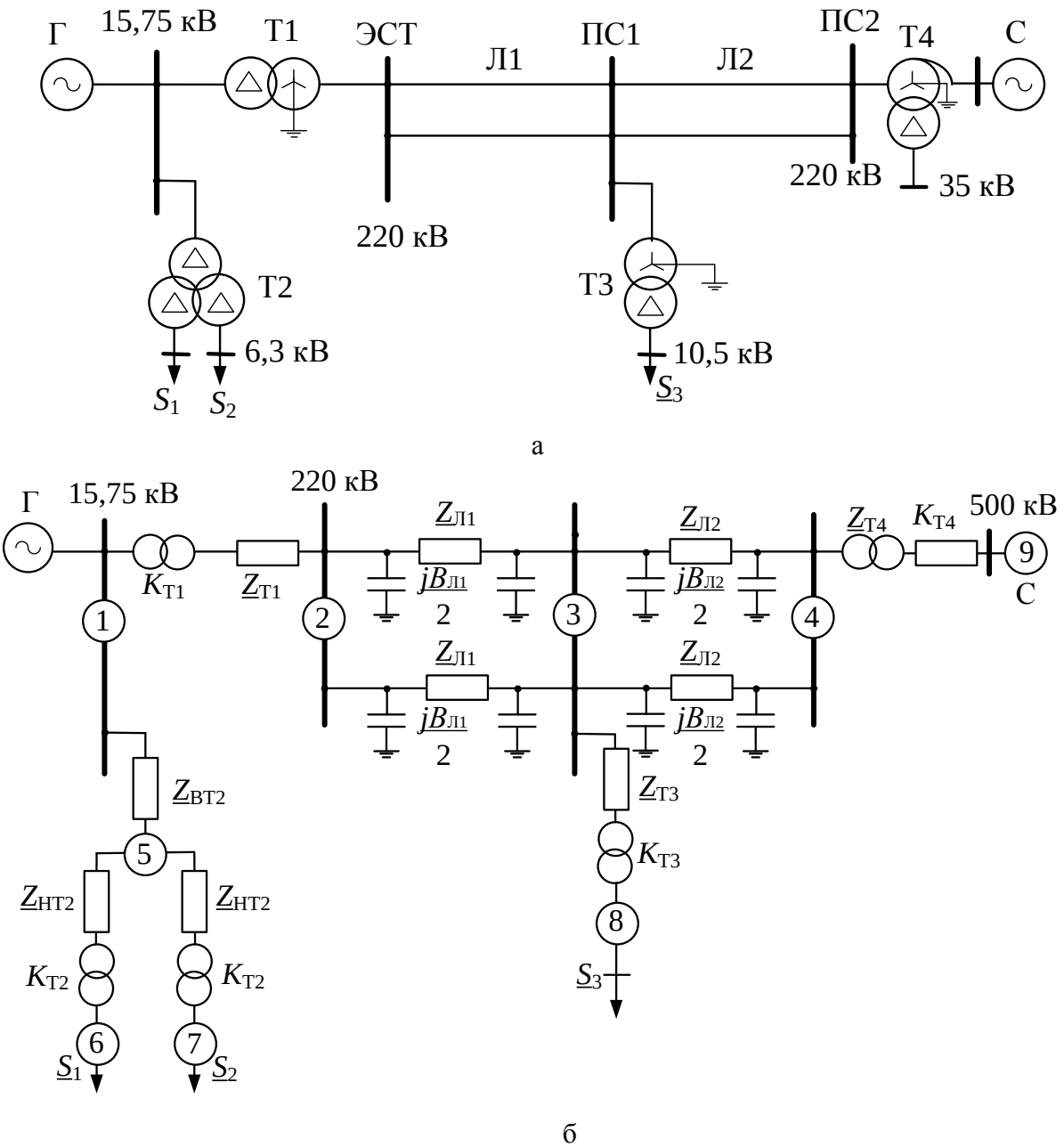


Рис. 1. Схема учебной энергосистемы (а) и схема замещения (б)

Исходные данные

Нагрузки: $\underline{S}_1 = \underline{S}_2 = 8 + j5$ МВА, $\underline{S}_2 = 120 + j75$ МВА.

Генератор (Г) ТГВ-200-2У3,
$P_{гном} = 200$ МВт, $\cos\varphi = 0{,}85$, $U_{ном} = 15{,}75$ кВ [5, стр. 76].

Сопротивление генератора, которое учитывают при ручном расчете и в некоторых ПК, необходимо для того чтобы учесть конечную мощность генератора при расчете УР. В ПК «MUSTANG» данное сопротивление не

учитывается, так как в модели предусмотрено непосредственное задание мощности Рг, причем эта мощность может быть меньше номинальной.

Система – учитывается как балансирующий узел с кодом 1100 (узел ШБМ). Этот узел является обязательным, возможно задание нескольких системных узлов в одной базе.

Если вы рассчитываете систему изолированного электроснабжения (например, добыча нефти), то за системный узел может быть принят один из генераторов.

Система может быть задана при расчете УР только напряжением. Сопротивление системы обычно не учитывается, но рекомендуется отделять узел ШБМ от рассчитываемого района трансформаторной ветвью (как это показано на рис. 1).

Двухобмоточный трансформатор (Т1, Т3) –ТДЦ 250000/220/15,75 (10,5);

Сопротивления всех трансформаторов приведем к высокому напряжению.

$\Delta P_к$=600 кВт [5, стр. 156], $u_к$=11% [5, стр. 159],

$$K_{Т1} = 230/15{,}75 = 14{,}6,\ K_{Т3} = 230/10{,}5 = 21{,}9.$$

$$X_{T1} = X_{T3} = \frac{u_К}{100}\frac{U_{ВН}^2}{S_{номТ1}} = \frac{11}{100}\frac{230^2}{250} = 21.2\ Ом,$$

$$R_{T1} = R_{T3} = \frac{\Delta P_K U_{ВН}^2}{S^2{}_{номТ1}\cdot 1000} = \frac{600\cdot 230^2}{250^2\cdot 1000} = 0.51\,Ом.$$

Трансформатор с расщепленной обмоткой (Т2) **ТРДНС-25000/35**

$u_{кВ\text{-}Н}$=10,5%, $u_{кН1\text{-}Н2}$=30%, $\Delta P_к$=115 кВт, $U_{ВН}$ = 15,75 кВ, $U_{НН}$ = 6,3 кВ [5, стр. 130, 131],

$K_р$ = 3,5 – коэффициент расщепления для трехфазных трансформаторов.

$$K_{Т2} = 15{,}75/6{,}3 = 2{,}5,$$

$$X_{BT2} = \frac{u_{кВ-Н}}{100}\left(1-\frac{K_Р}{4}\right)\frac{U_{ВН}^2}{S_{ном}} = \frac{10.5}{100}\left(1-\frac{3{,}5}{4}\right)\frac{15.75^2}{25} = 0.13\,Ом,$$

$$R_{BT2} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta P_K U_{ВН}^2}{S^2{}_{номТ2}\cdot 1000} = \frac{1}{2}\cdot\frac{115\cdot 15.75^2}{25^2\cdot 1000} = 0.023\,Ом,$$

$$X_{HT2} = x\frac{u_{кВ-Н}}{100}\frac{K_Р}{2}\frac{U_{ВН}^2}{S_{ном}} = \frac{10.5}{100}\frac{3{,}5}{2}\frac{15.75^2}{25} = 1.82\ Ом,$$

$$R_{HT2} = \frac{\Delta P_K U_{ВН}^2}{S^2{}_{номТ2}\cdot 1000} = \frac{115\cdot 15.75^2}{25^2\cdot 1000} = 0.046\ Ом$$

Автотрансформатор (Т4) – АТДЦН 500000/500/220

$U_{ВН}$ = 500 кВ, $U_{НН}$ = 230 кВ, $U_{СН}$ – нет обмотки СН,
$\Delta P_к$=1050 кВт [5, стр. 158], $u_{кВ\text{-}Н}$=12% [5, стр. 161].

$$K_{Т4} = 500/230 = 2{,}17.$$

$$X_{Т4} = \frac{u_{kВН}}{100}\frac{U^2_{ВН}}{S_{номТ4}} = \frac{12}{100}\frac{500^2}{250} = 120 \text{ Ом},$$

$$R_{Т4} = \frac{\Delta P_K U^2_{ВН}}{S^2_{номТ4}\cdot 1000} = \frac{1050\cdot 500^2}{250^2\cdot 1000} = 4.2 \text{ Ом}.$$

Воздушные линии

Провод АС-500, длина Л1 – 50 км, длина Л2 – 90 км, [5, стр. 432]
$R_{Л1} = R_0 \cdot L_1 = 0.06\cdot 50 = 3$ Ом,
$X_{Л1} = X_0 \cdot L_1 = 0.413\cdot 50 = 20{,}7$ Ом,
$B_{Л1} = B_0 \cdot L_1 = 2{,}74\cdot 10^{-6}\cdot 50 =$ 137 мкСм.
Аналогично $R_{Л2}$ = 5,4 Ом, $X_{Л2}$ = 37,2 Ом, $B_{Л2}$ = 247 мкСм.

Поперечная проводимость линии G, как правило, при расчете УР не учитывается, так как практически не оказывает влияния на величины токов.

Порядок работы

Войдите в ПК «МУСТАНГ». Если меню на английском, выберите русскую версию (рис. 2).

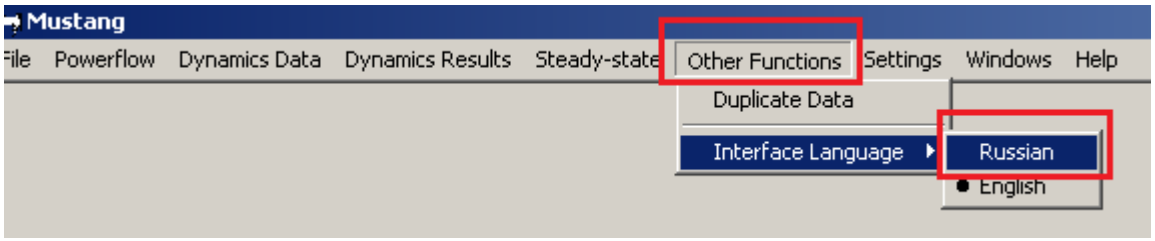


Рис. 2. Выбор языка

Создайте новый файл, (рис. 3).

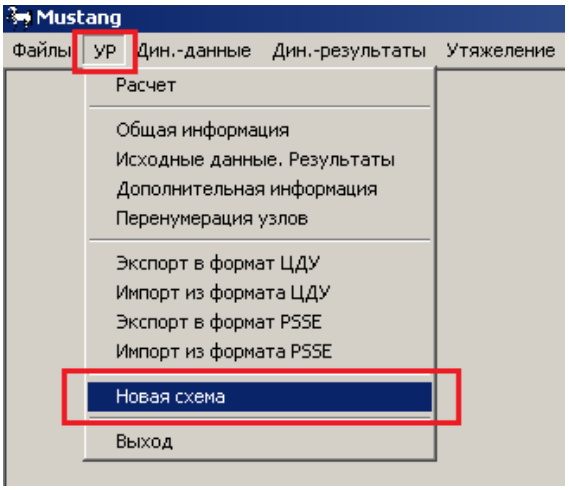


Рис. 3. Создание нового файла

Если файл уже создан, прочитайте его (рис.4). Расширение файла → имя файла. SSP.

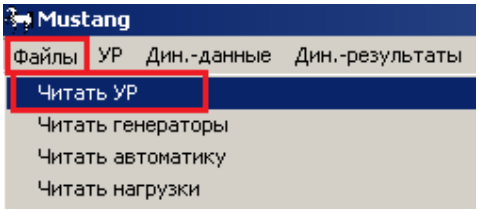


Рис. 4. Чтение созданного файла

После создания или чтения файла УР снова возвращаемся в директиву главного меню (рис. 5).

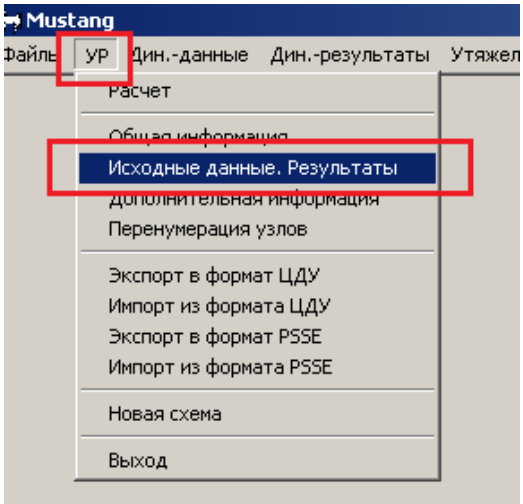
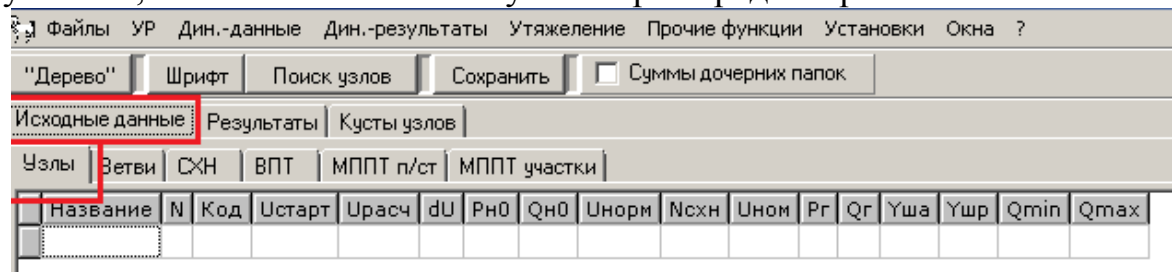
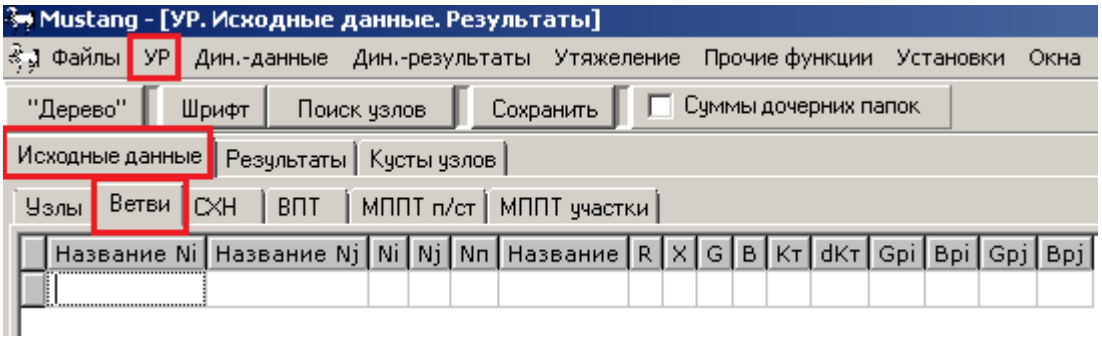


Рис. 5. Вход в таблицу «Исходные данные. Результаты»

Далее необходимо внести исходные данные в таблицы «Узлы» и «Ветви» (рис. 6). Для ввода информации в таблицы следует нажимать клавишу **Insert**, после чего появится пустая строка редактирования.



а



б

Рис. 6.Таблицы «Узлы» (а) и «Ветви» (б)

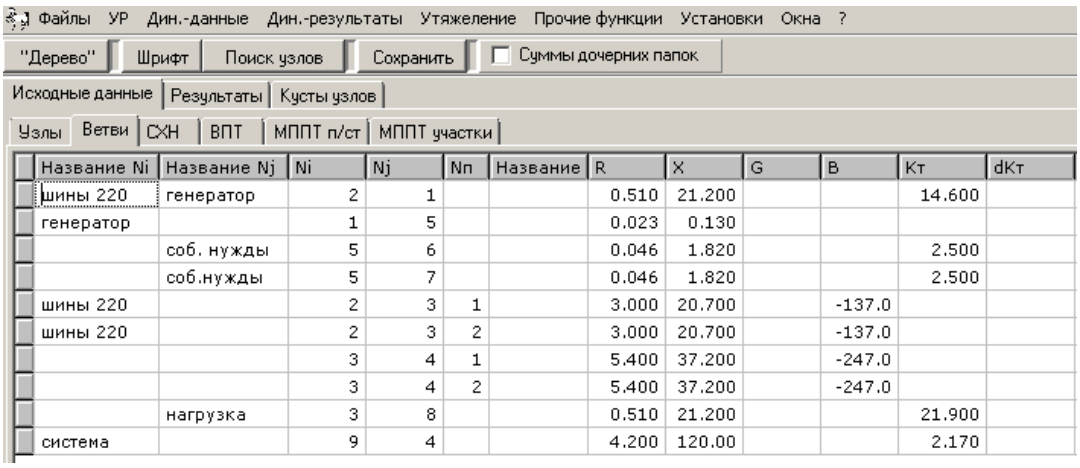
Новые строки появляются после нажатия клавиши **Insert**

Расшифровку обозначений в таблицах «Узлы» и «Ветви», а также информацию о кодах узлов смотрите в **приложении 5**.

На рис. 7 представлены заполненные таблицы для схемы замещения рис. 1, б.

Название	N	Код	Uстарт	Uрасч	dU	Pн0	Qн0	Uнорм	Nсхн	Uном	Pг	Qг	Yша	Yшр	Qmin	Qmax
генератор	1	1010	15.75					15.75		15.75	190.0				-12	124
шины 220	2	11	220.00					220.00		220.00						
	3	11	220.00					220.00		220.00						
	4	11	220.00					220.00		220.00						
	5	11	15.75					15.75		15.75						
соб. нужды	6	11	6.30			8.00	5.00	6.30		6.30						
соб.нужды	7	11	6.30			8.00	5.00	6.30		6.30						
нагрузка	8	11	10.50			120.00	75.00	10.50		10.50						
система	9	1100	500.00					500.00		500.00					-10000	10000

а



Название Ni	Название Nj	Ni	Nj	Nп	Название	R	X	G	B	Kт	dKт
шины 220	генератор	2	1			0.510	21.200			14.600	
генератор		1	5			0.023	0.130				
	соб. нужды	5	6			0.046	1.820			2.500	
	соб.нужды	5	7			0.046	1.820			2.500	
шины 220		2	3	1		3.000	20.700		-137.0		
шины 220		2	3	2		3.000	20.700		-137.0		
		3	4	1		5.400	37.200		-247.0		
		3	4	2		5.400	37.200		-247.0		
	нагрузка	3	8			0.510	21.200			21.900	
система		9	4			4.200	120.00			2.170	

б

Рис. 7. Заполненные таблицы «Узлы» (а) и «Ветви» (б)

Пояснения по заполнению таблицы «Узлы»

Для генераторных узлов (узел 1) с кодом 1010 задаются напряжения Uстарт, Uнорм, Uном, активная мощность Рг (она может быть меньше номинальной) и диапазон изменения реактивных мощностей Qmin<0 и Qmax>0 генератора, которые приближенно могут быть определены следующим образом

$$Qmax = P_{Гном} tg(\varphi_г) = 200 \cdot 0{,}62 = 124 \text{ МВар},$$

$$Qmin = -0{,}2Qmax.$$

Для балансирующего узла (узел 9) с кодом 1100 задается напряжение и границы перетоков реактивной мощности Qmin, Qmax, заведомо больше ожидаемых.

Для нагрузочных узлов (узлы 2–8) с кодом 0011 задаются только напряжения и нагрузки. В данном примере нагрузки заданы в узлах – 6, 7, 8.

Напряжения Uстарт, Uнорм, Uном могут быть заданы одинаковыми в соответствии со стандартной шкалой: 6, 10, 35, 110, 220, 500 кВ.

Пояснения по заполнению таблицы «Ветви»

Названия узлов в соответствующие столбцы таблицы «Ветви» не вносятся, они появляются в этих столбцах после расчета УР.

Для трансформаторных ветвей (ветви 2-1, 5-6, 5-7, 3-8, 9-4) в таблицу вносятся R и X ветви, а также коэффициент трансформации Кт. В данном примере сопротивления всех трансформаторов приведены к высокому напряжению, поэтому все Кт>1.

Важно обратить внимание на порядок узлов в ветви с коэффициентом трансформации: первым в столбец Ni вносится тот узел, к напряжению которого приведено сопротивление трансформатора. Например, сопротивление трансформатора Т1 приведено к напряжению 230 кВ, поэтому в столбец Ni внесен узел 2.

Если перепутать порядок узлов в трансформаторной ветви, то после расчета УР в протоколе появляется сообщение (рис. 8).

```
Проверьте соответствие напряжений в узле - 4
Проверить Кт в ветви 1-2-0
Проверить Кт в ветви 3-4-1
Проверить Кт в ветви 3-4-2
Проверить Кт в ветви 9-4-0

Формирование оптимального исключения узлов

Расчет УР

*** Режим не балансируется ***
Файл протокол - SSPREP.TXT
```

Рис. 8. Сообщение об ошибке

Для ветвей линий электропередачи (ветви 2-3(1), 2-3(2), 3-4(1), 3-4(2)) вносятся продольные сопротивления ветви R и X, а также емкостная проводимость линии B со знаком «–» в мкСм.

После заполнения таблиц сохраните файл УР (рис. 9).

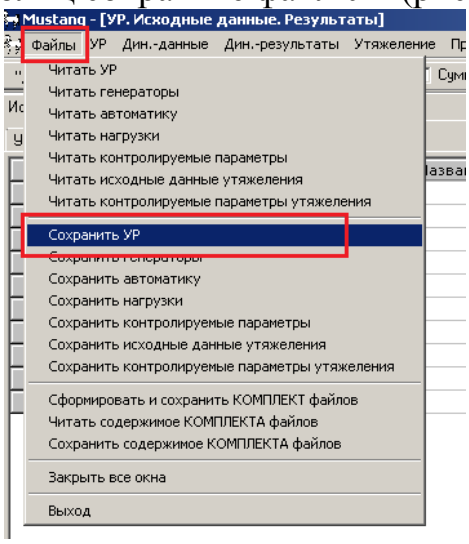


Рис. 9. Сохранение файла УР с расширением SSP

Сделайте расчет установившегося режима (рис. 10).

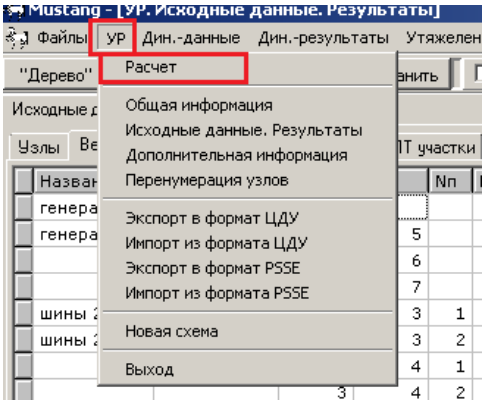


Рис. 10. Расчет УР

После расчета УР, если введенная база данных не содержит ошибок, в таблицах рис. 7 появляются результаты расчета (выделены на рис. 11, 12). Если ошибки есть, выдается протокол расчета с сообщением об ошибках (рис. 8).

Файлы УР Дин.-данные Дин.-результаты Утяжеление Прочие функции Установки Окна ?

"Дерево" Шрифт Поиск узлов Сохранить Суммы дочерних папок

Исходные данные | Результаты | Кусты узлов

Узлы | Ветви | СХН | ВПТ | МППТ п/ст | МППТ участки

Название	N	Код	Uстарт	Uрасч	dU	Pн0	Qн0	Uнорм	Nсхн	Uном	Pг	Qг
генератор	1	1010	15.75	15.75	8.71			15.75		15.75	190.0	47.5
шины 220	2	11	220.00	226.82	4.68			220.00		220.00		
	3	11	220.00	224.43	2.71			220.00		220.00		
	4	11	220.00	227.22	1.49			220.00		220.00		
	5	11	15.75	15.63	8.29			15.75		15.75		
соб. нужды	6	11	6.30	5.99	4.78	8.00	5.00	6.30		6.30		
соб.нужды	7	11	6.30	5.99	4.78	8.00	5.00	6.30		6.30		
нагрузка	8	11	10.50	9.89	-0.25	120.00	75.00	10.50		10.50		
система	9	1100	500.00	500.00				500.00		500.00	-52.2	31.4

Рис. 11. Результаты расчета в таблице «Узлы»

Файлы УР Дин.-данные Дин.-результаты Утяжеление Прочие функции Установки Окна ?

"Дерево" Шрифт Поиск узлов Сохранить Суммы дочерних папок

Исходные данные | Результаты | Кусты узлов

Узлы | Ветви | Ветви (доп. инф.) | Суммарные параметры | Пограничные связи | Найденные сечения и составляющие

Название Ni	Название Nj	Ni	Nj	Nп	Название	Ui	Pij	Qij	Iij	Ppi
шины 220	генератор	2	1			226.8	-173.62	-23.191	0.4459	
генератор		1	5			15.8	16.0731	11.652	0.7277	
	соб. нужды	5	6			15.6	8.0183	5.723	0.3639	
	соб.нужды	5	7			15.6	8.0183	5.723	0.3639	
шины 220		2	3	1		226.8	86.8114	11.596	0.2229	
шины 220		2	3	2		226.8	86.8114	11.596	0.2229	
		3	4	1		224.4	26.2497	-26.583	0.0961	
		3	4	2		224.4	26.2497	-26.583	0.0961	
	нагрузка	3	8			224.4	120.218	84.057	0.3774	
система		9	4			500.0	-52.200	31.383	0.0703	

Заданные сечения и составляющие | Небалансы | ВПТ | МППТ п/ст | МППТ участки

Qpi	Uj	Pji	Qji	Iji	Ppj	Qpj	dPн	dQн	dPобщ	dQобщ
	15.8	173.927	35.834	6.5096			0.304	12.64	0.304	12.64
	15.6	-16.037	-11.446	0.7277			0.037	0.21	0.037	0.21
	6.0	-8.0000	-5.000	0.9097			0.018	0.72	0.018	0.72
	6.0	-8.0000	-5.000	0.9097			0.018	0.72	0.018	0.72
	224.4	-86.359	-15.446	0.2257			0.453	3.12	0.453	-3.85
	224.4	-86.359	-15.446	0.2257			0.453	3.12	0.453	-3.85
	227.2	-26.131	14.801	0.0763			0.118	0.82	0.118	-11.78
	227.2	-26.131	14.801	0.0763			0.118	0.82	0.118	-11.78
	9.9	-120.00	-75.000	8.2643			0.218	9.06	0.218	9.06
	227.2	52.2627	-29.602	0.1526			0.062	1.78	0.062	1.78

Рис. 12. Результаты расчета в таблице «Ветви»

Если перетоки мощности $P_{i\text{-}j}$ и $\mathbf{Q}_{i\text{-}j}$ в ветви **i-j** положительны, то мощность направлена от узла **i** к узлу **j** и наоборот

Итак, в результате расчета были определены по таблице рис. 11:

- напряжение на шинах ОРУ электростанции – 226,8 кВ (узел 2);

- напряжения на шинах подстанций ПС1, ПС2 – 224,4 кВ и 227,2 кВ (узлы 3 и 4);
- напряжения на нагрузках – 5,99 кВ, 5,99 кВ, 9,89 кВ (узлы 6, 7, 8);
- реактивная мощность, вырабатываемая генератором – 47,5 МВар при максимальном значении 124 МВар, то есть генератор не догружен;

по таблице рис. 12:

- ток в одной цепи
  линии Л1 – I_{2-3} = 222,9 А, I_{3-2} = 225,7 А,
  линии Л2 – I_{3-4} = 96,4 А, I_{4-3} = 76,3 А,
  (токи приведены к напряжению 220 кВ);

- токи в нагрузках
  $\underline{S}_1$, $\underline{S}_2$ – I_{5-6} = I_{5-7} = 363,9 А (токи приведены к напряжению 15,75 кВ),
  I_{6-5} = I_{7-5} = 909,7 А (токи приведены к напряжению 6,3кВ),
  $\underline{S}_3$– I_{3-8} = 377,4 А (ток приведен к напряжению 220 кВ), I_{8-3} = 8264 А (токи приведен к напряжению 10,5 кВ);

- потоки активной и реактивной мощностей по одной цепи линий
  P_{2-3} = 86,8114 МВт, P_{3-2} = – 86,3590 МВт,
  Q_{2-3} = 11,596 МВар, Q_{3-2} = – 15,446 МВар,
  P_{3-4} = 26,2497 МВт, P_{4-3} = – 26,1310 МВт,
  Q_{3-4} = –26,583 МВар, Q_{4-3} = 14,801 МВар;

- потоки активной и реактивной мощностей, поступающие через Т4 в систему и из системы;
  P_{9-4} = –52,2000 МВт, P_{4-9} = 52,2627 МВт,
  Q_{9-4} = 31,383 МВар, Q_{4-9} = –29,602 МВар;
  Как видно, избыток активной мощности выдается в систему, а реактивная мощность передается из системы к нагрузке $\underline{S}_3$ по линии Л2;

- потери активной мощности в линии Л1 – $dPн_{2-3}$=0, 453 МВт, в линии Л2 – $dPн_{3-4}$=0, 118 МВт;
- суммарные активные потери в сети можно получить, просуммировав цифры в столбце dPн. Получим ΣdPн = 1,8 МВт (рис. 13).

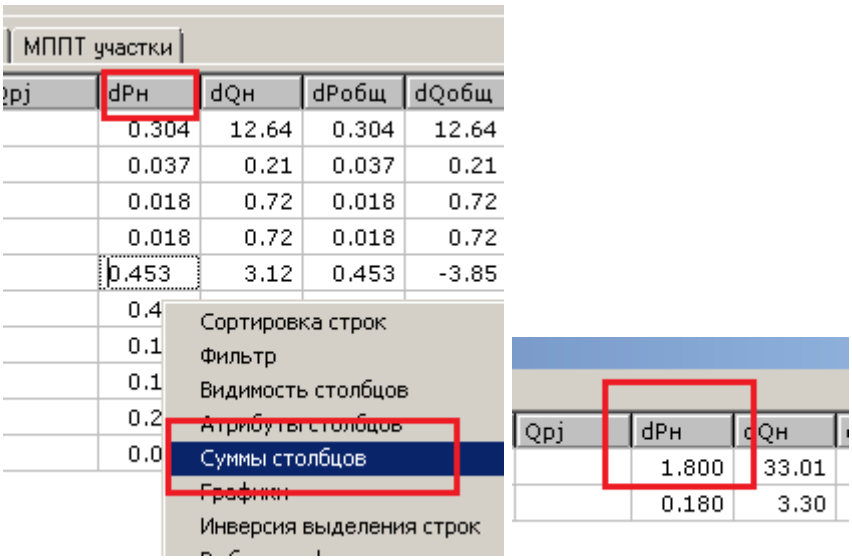


Рис. 13. Получение суммы цифр в столбце
(нажмите п.к.м. на выбранном столбце)

2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ПК «MUSTANG»

Для начинающих пользователей

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, в которых производятся расчеты переходных процессов, авторы рекомендуют изучить данный пример, в котором изложены правила подготовки исходных данных и создания базы данных для расчета переходных процессов в ПК «MUSTANG» на примере расчета полного тока трехфазного КЗ на шинах станции (рис. 1, узел 2).

ПК «MUSTANG» позволяет рассчитывать только токи симметричного трехфазного КЗ. Однако, в отличие от некоторых других ПК, например,

ПК АРМ СРЗА, рассчитывает **действующие** значения периодической составляющей тока не только в нулевой, но и в последующие моменты времени (рис. В1). При этом учитываются действия АРВ и регуляторов скорости турбины.

Задание

Для схемы рис. 1 рассчитайте действующее значение периодической составляющей полного тока при трехфазном КЗ в начале линии 2-3(1), близко к шинам ЭСТ (можно считать, что КЗ происходит в узле 2). КЗ не металлическое, примем сопротивление реактивного шунта в месте КЗ 10Ом.

Релейная защита отключает линию 2-3(1) через 0,08 с.

Подготовка исходных данных

Дополните данные по генератору (таблица 1). Данные по генераторам смотрите в [5, стр. ….].

Параметры всех остальных элементов схемы изменений и дополнений не требуют.

Таблица 1

Турбогенератор

Тип генератора	Обозн. на схеме	Номинальные параметры			система возб.	Данные для динамики					
		$P_{ном}$, (МВт)	cosφ	$U_{ном}$, (кВ)	**Тиристорная незав.**	T_j с	x'_d о.е.	x_d о.е.	x''_d о.е.	x_q о.е.	T'_{d0} о.е.
ТГВ-200-2У3	Г	200	0.85	15.75		7.4	0.29	1.84	0.19	1.80	6.85

Информации о величине момента инерции T_j в [5] нет, рекомендуемые значения T_j смотрите в приложении 5, таблица 5.1. Расшифровку обозначений в таблице 1 также смотрите в **приложении 5**.

Порядок работы

Для расчета электрических величин при ПП необходимо выполнить директиву (рис. 1).

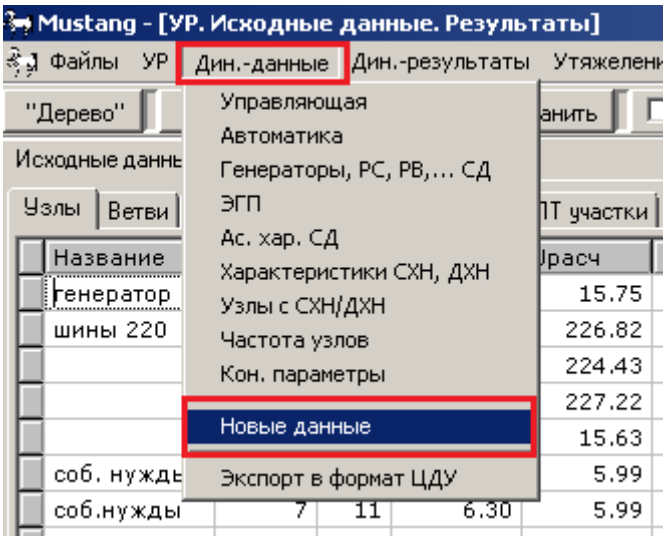


Рис. 1. Создание новой базы для расчета ПП

Если файлы для расчета ПП уже созданы, то необходимо поочередно прочитать их (рис. 2).

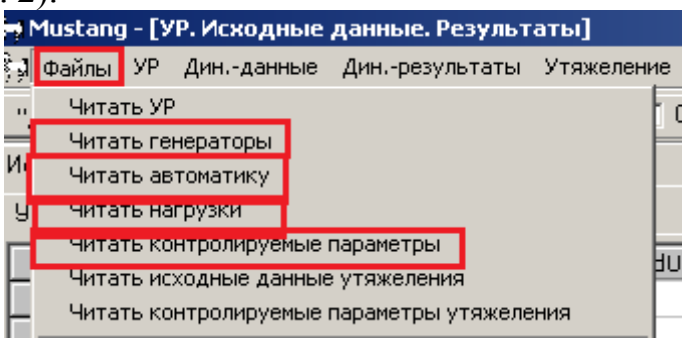


Рис. 2. Чтение файлов для расчета ПП

Данные файлы имеют следующие расширения. Рекомендуется всем файлам давать одно и то же имя.

<u>Читать генераторы</u> → имя. SM

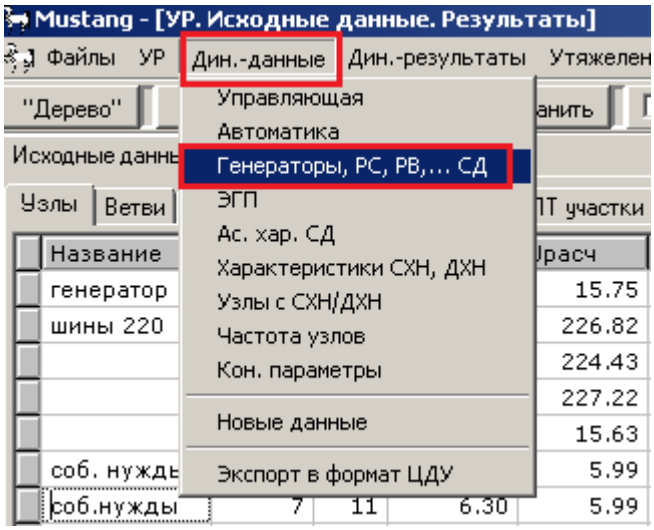
<u>Читать автоматику</u> → имя.AUT

<u>Читать нагрузки</u> → имя.DLD

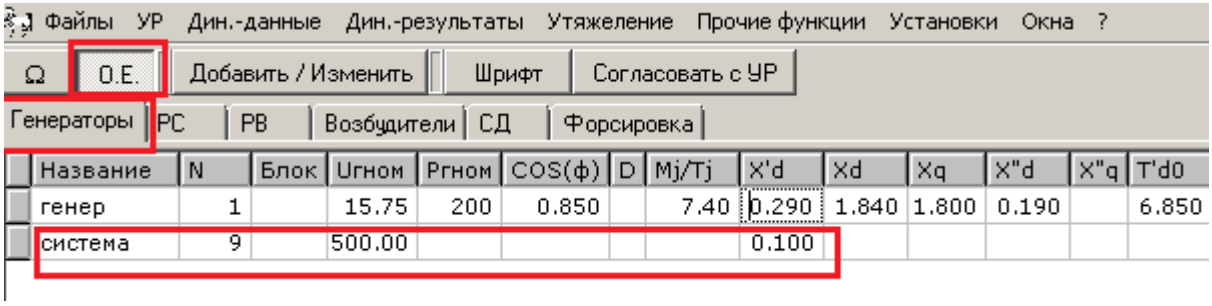
<u>Читать контролируемые параметры</u> → имя.DKP

Внесите подготовленные исходные данные по генератору в таблицу **Генераторы**. Обратите внимание, в таблицу **Генераторы** также надо внести информацию о системе. Для балансирующего узла 9 достаточно задать напряжение и x'_d=0.1 о.е (рис. 3, б).

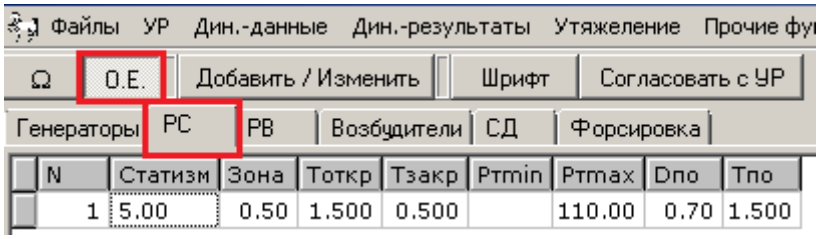
Информацию, необходимую для заполнения таблиц **РС, РВ, Возбудители** смотрите в приложении 5, таблицы П5.2–П5.5.



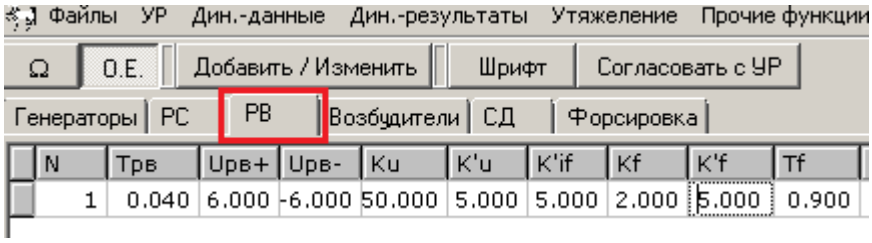
а



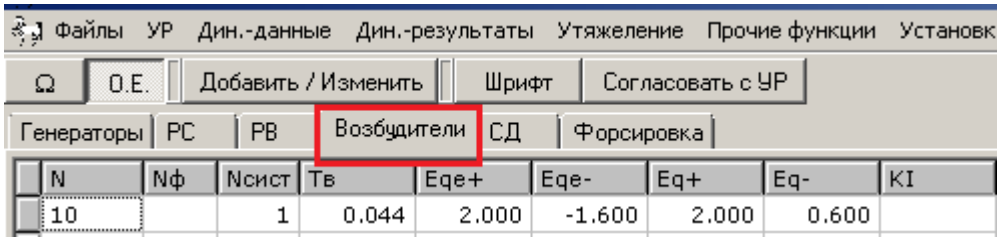
б



в



г



д

Рис. 3. Таблицы для расчета динамики

Далее необходимо смоделировать возникновение КЗ и последующие действия РЗ. Заполните протокол в директиве **Автоматика** (рис. 4).

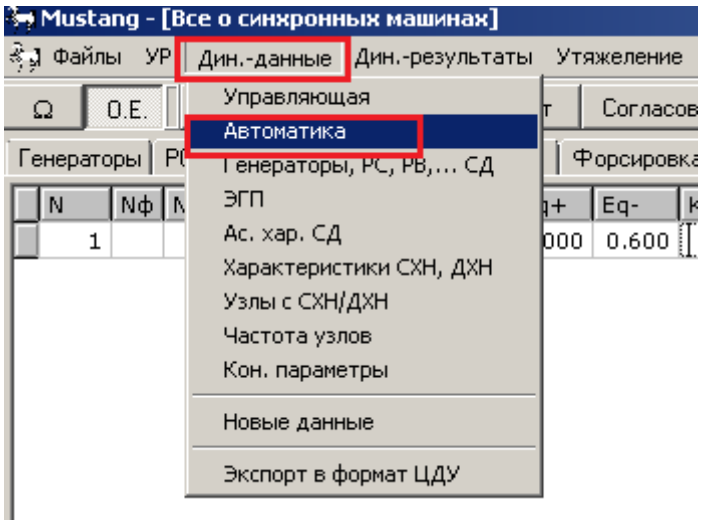


Рис. 4. Таблица для данных по действиям автоматики

При нажатии клавиши **Insert** появляется таблица (рис. 5), в которой нужно по очереди выбирать нужный фактор и действия. Любая автоматика всегда начинается с выбора фактора «Время».

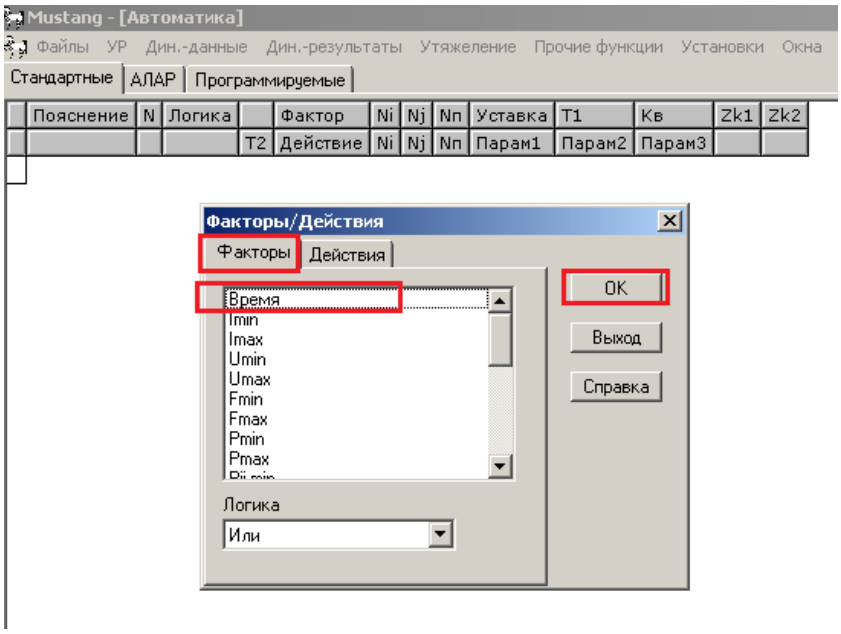


Рис. 5. Начало действий автоматики

Место (узел) и тяжесть КЗ моделируются с помощью действия «Шунт» (рис. 6, 7).

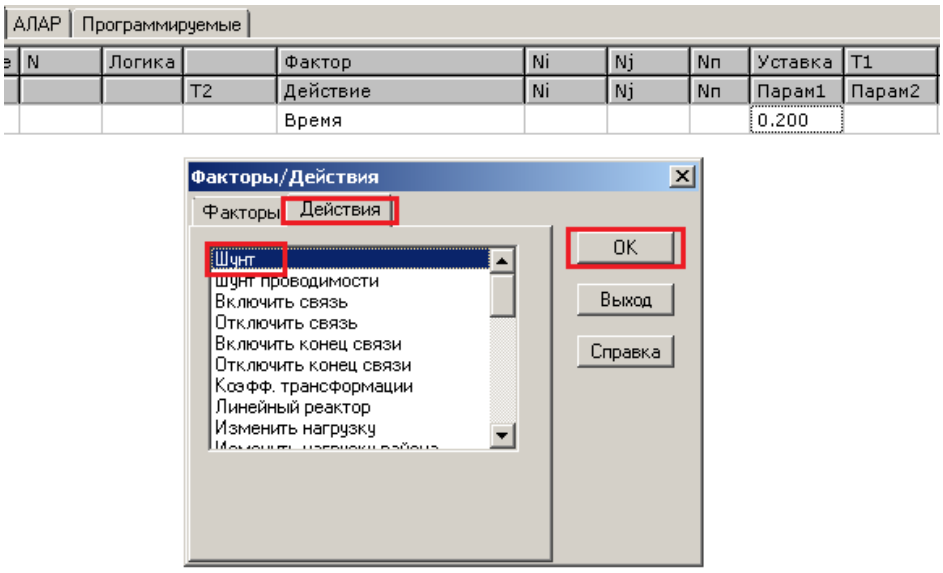
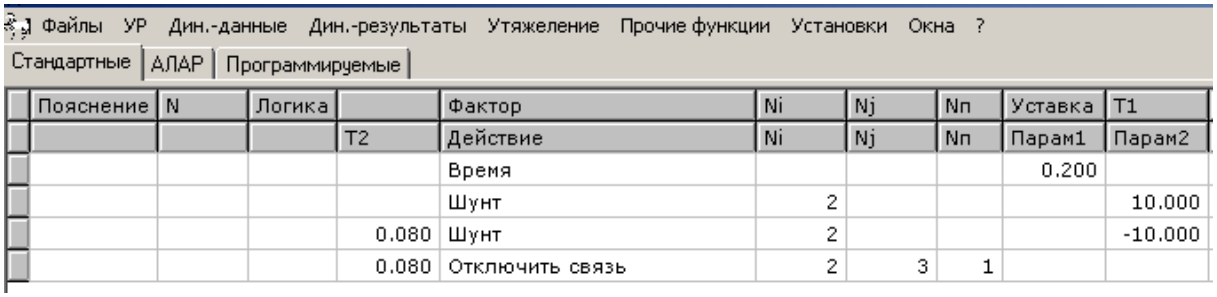


Рис. 6. Моделирование возникновения КЗ в момент *t*=0.2 с



Пояснение	N	Логика		Фактор	Ni	Nj	Nп	Уставка	T1
			T2	Действие	Ni	Nj	Nп	Парам1	Парам2
				Время				0.200	
				Шунт	2				10.000
			0.080	Шунт	2				-10.000
			0.080	Отключить связь	2	3	1		

Рис. 7. Автоматика для моделирования возникновения КЗ в узле 2 в момент *t*=0.2 с и отключения шунта и поврежденной линии 2-3(1) через 0,08 с

Следующий этап работы – вывод результатов расчета контролируемых параметров (рис. 8).

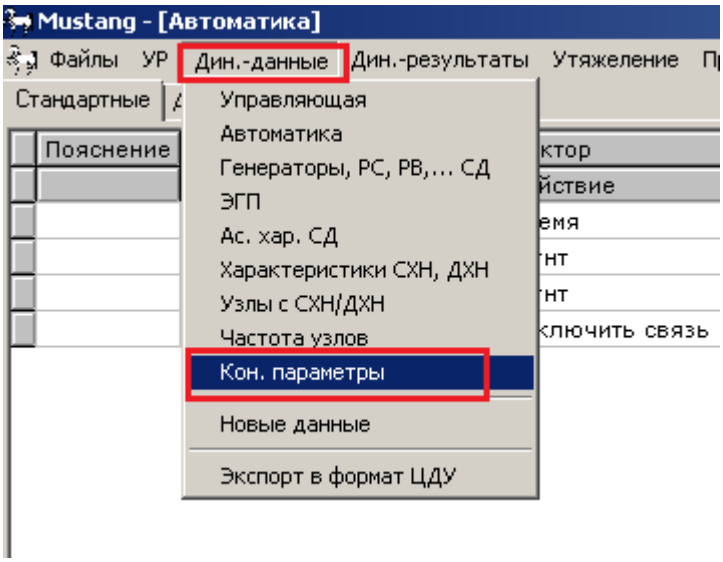
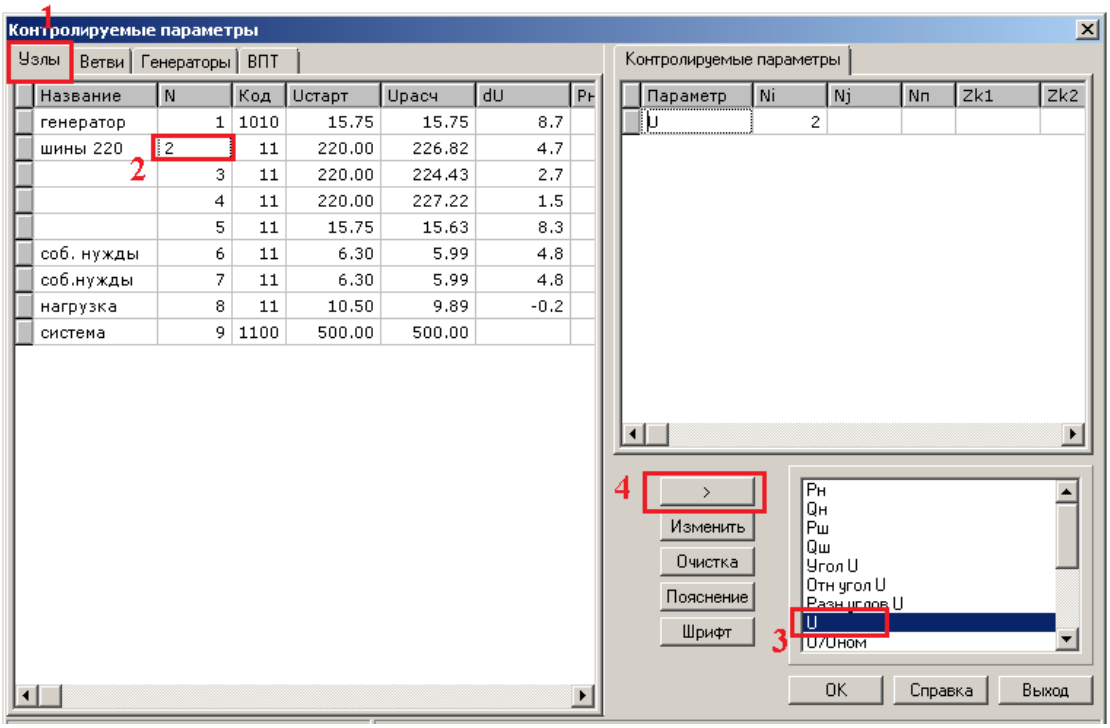
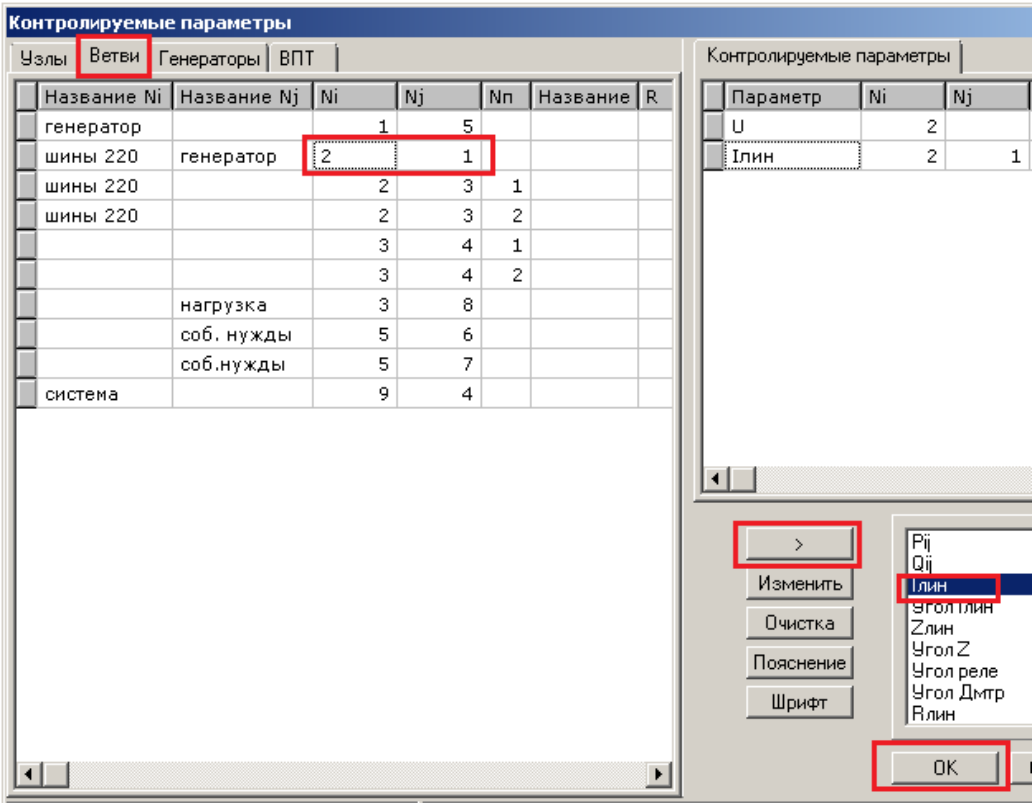


Рис. 8. Задание контролируемых параметров

Примем за контролируемые параметры напряжение на шинах ЭСТ (узел 2) и ток через трансформатор (ветвь 2-1) (рис. 9 а, б).



а – запись в контролируемые параметры напряжения в узле 2

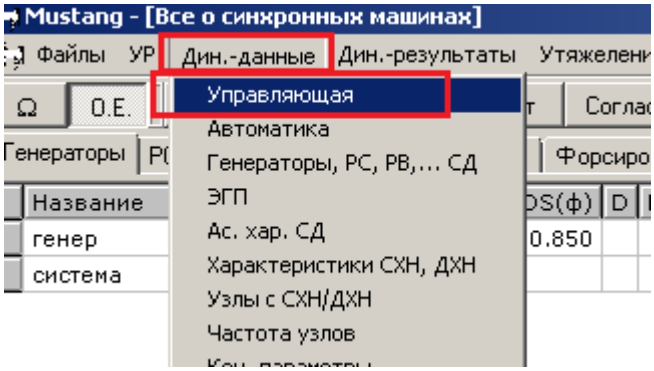


б – запись в контролируемые параметры тока в ветви 2-1

Рис. 9. Задание контролируемых параметров

В ПК «MUSTANG» имеется возможность контроля 50-ти различных параметров (см. таблицу П5.6 в приложении 5).

Теперь зададим время расчета (рис. 10).



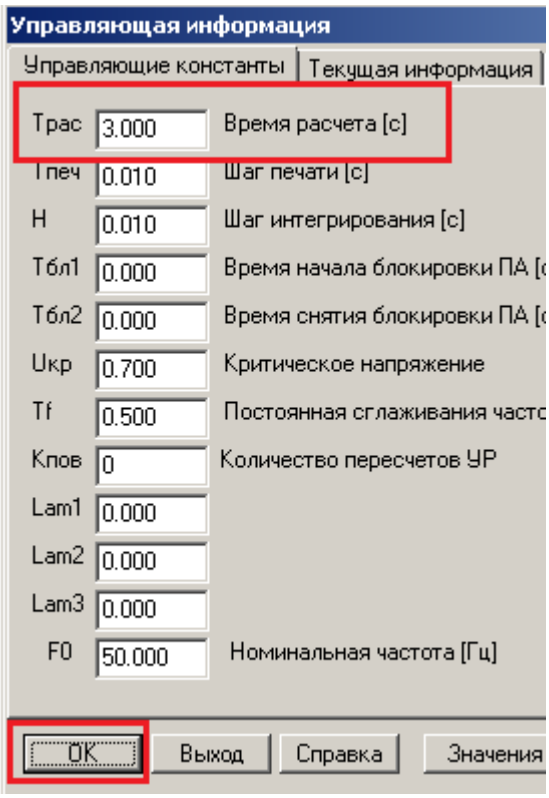


Рис. 10. Задание времени расчета

Далее можно приступать к расчету (рис. 11).

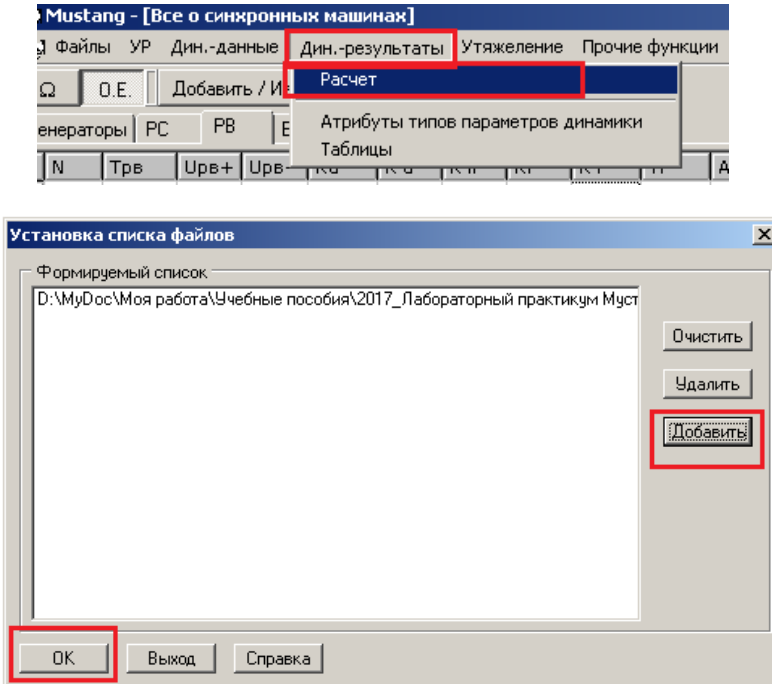


Рис. 11. Команда на расчет

Если нет ошибок, то после завершения расчета в протокол после перечисления факторов и выполненных действий выводится запись «Расчет переходного процесса завершен». Результаты расчета находятся в таблице «Контролируемые параметры» (рис. 12).

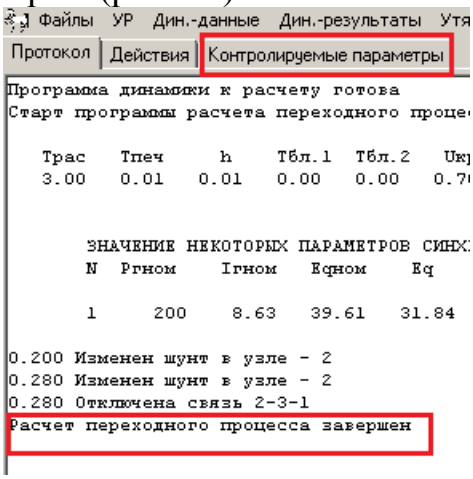


Рис. 12. Протокол расчета ПП

Значения контролируемого тока и напряжения в первый момент после возникновения КЗ можно узнать из таблицы (рис. 13). Обратите внимание, в ПК «MUSTANG» за «нулевой момент времени» принимается момент начала действия фактора «Время». В данном примере это t=0.2 с. Итак, при t=0.2с периодическая составляющая тока равна $I_{п0}$ = 1,647 кА.

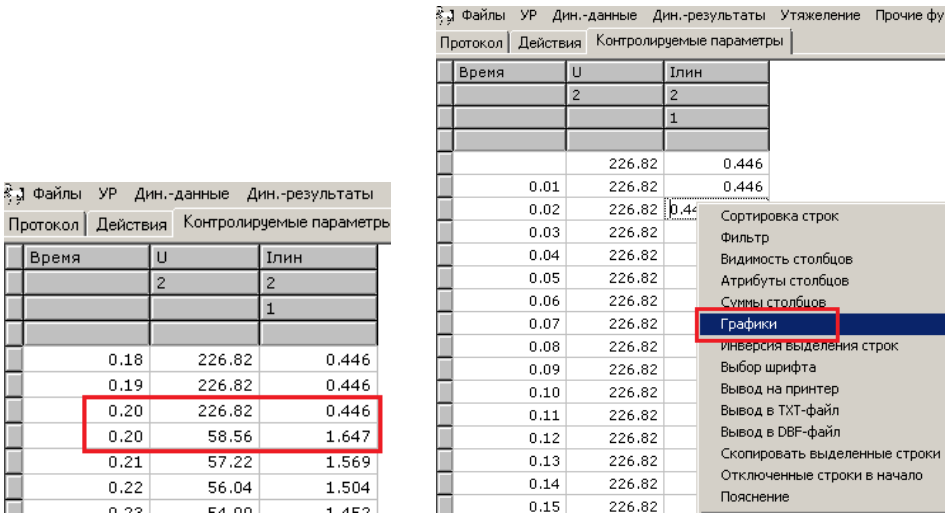


Рис. 13. Результаты расчета в табличной форме

Обычно полученные результаты расчета удобнее анализировать представив их в виде графиков. Подведите курсор к одному из столбцов таблицы и нажмите п.к.м. (рис. 13). Выберите команду «Графики».

Масштаб ПК назначает автоматически. Для удобства визуального восприятия воспользуйтесь меню (п.к.м.) и увеличьте толщину линий (рис. 14).

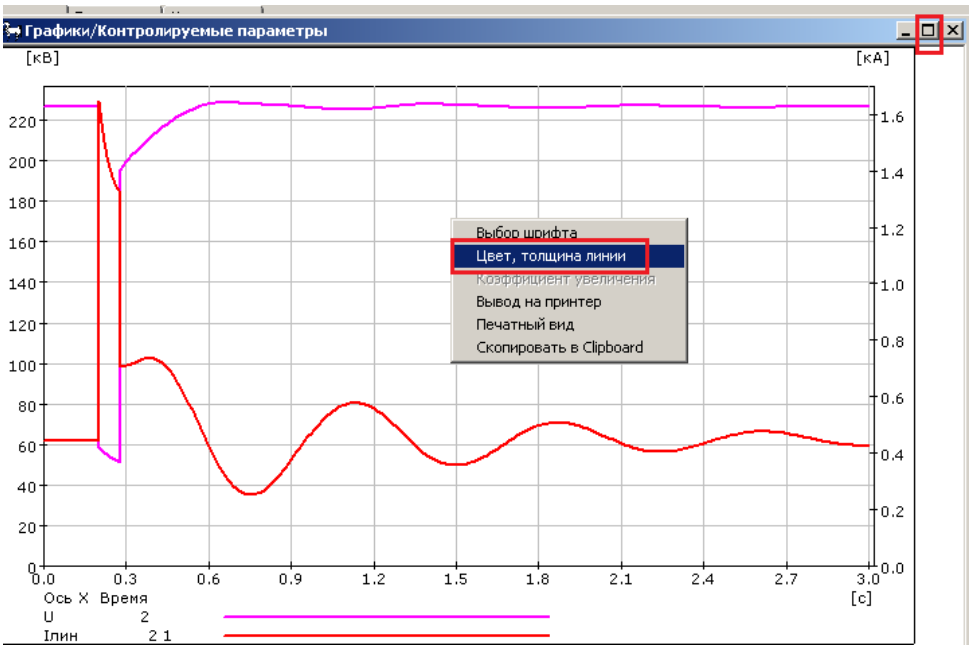


Рис. 14. Результаты расчета в графической форме. Огибающие тока и напряжения промышленной частоты при переходном процессе

При копировании графиков (кнопка Print Screen) рекомендуется перейти в оконный режим (рис. 14), тогда цифры на осях будут крупнее. После выполнения работы поочередно сохраните все созданные файлы

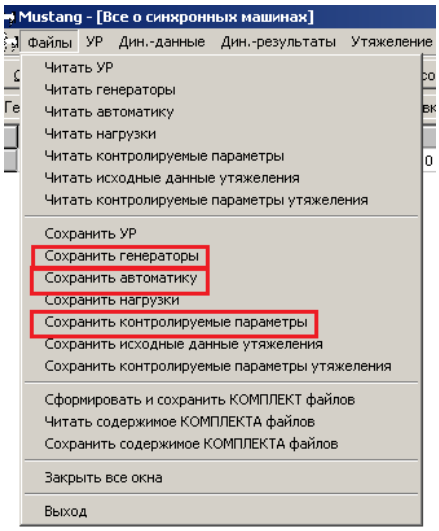


Рис. 15. Сохранение файлов