

Система Мониторинга Предельных Режимов Тюменского РДУ

RastrWin

Неуймин В.Г., директор, к.т.н.;
Александров А.С., к.т.н.



- Для северных районов Тюменской области (СРТО) разработан и внедрен программный модуль поиска опасных сечений. Он входит в состав с информационно расчетной системы (ИРС) работающей в постоянном режиме, (в октябре 2008 г. модуль сдан в опытную эксплуатацию в Тюменском РДУ в составе ИРС, 29 сентября 2009 г. сдан в промышленную).
- Модуль реализует следующие функции:
 - 1) Утяжеление исходного режима до предельного по статической устойчивости по векторам изменения режима (ВИР). (Критерием достижения является отсутствие сходимости итерационного процесса расчета установившегося режима);
 - 2) Расчет маркеров опасных сечений по ветвям схемы и формирование по ним заданного числа опасных сечений. (опытным установлено, что более 3 сечений мало информативно);
 - 3) Ослабление предельного режима до
 - МДП - $Ps_mdp = 0.80 * P_{сечения(предельное)} - P_{нерегулярных колебаний}$,
 - АДП - $Ps_mdp = 0.92 * P_{сечения(предельное)} - P_{нк}$,
 - МДП_Укрит = $P_{сечения(Укрит = 0.7*U_{ном})} - P_{нк}$,
 - МДП_Уmin2 = $P_{сечения(Укрит/0.9 = 0.78*U_{ном})} - P_{нк}$,
 - МДП_Уmin1 = $P_{сечения(Укрит/0.85 = 0.82*U_{ном})} - P_{нк}$,
 - МДП_Идоп = $P_{сечения(I доп)} - P_{нк}$;
 - 4) Быстрый фильтр для «N-1»

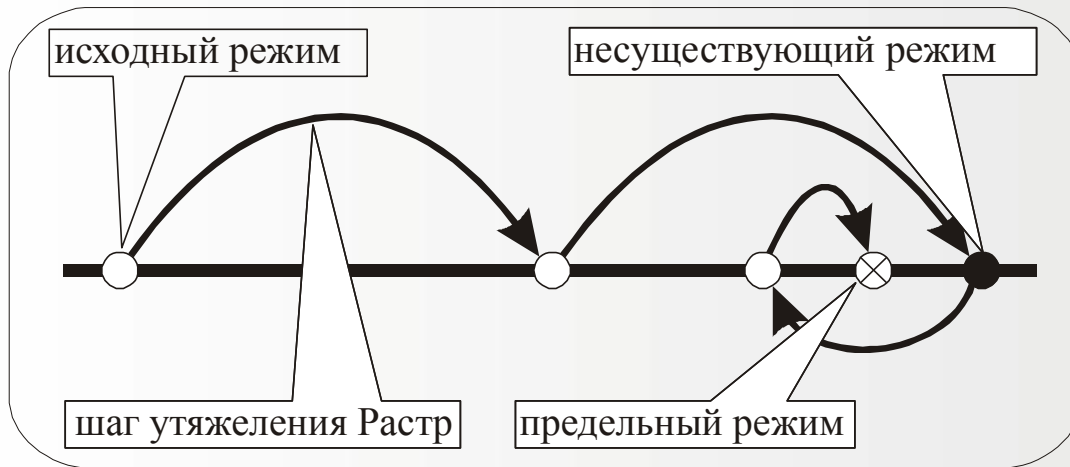
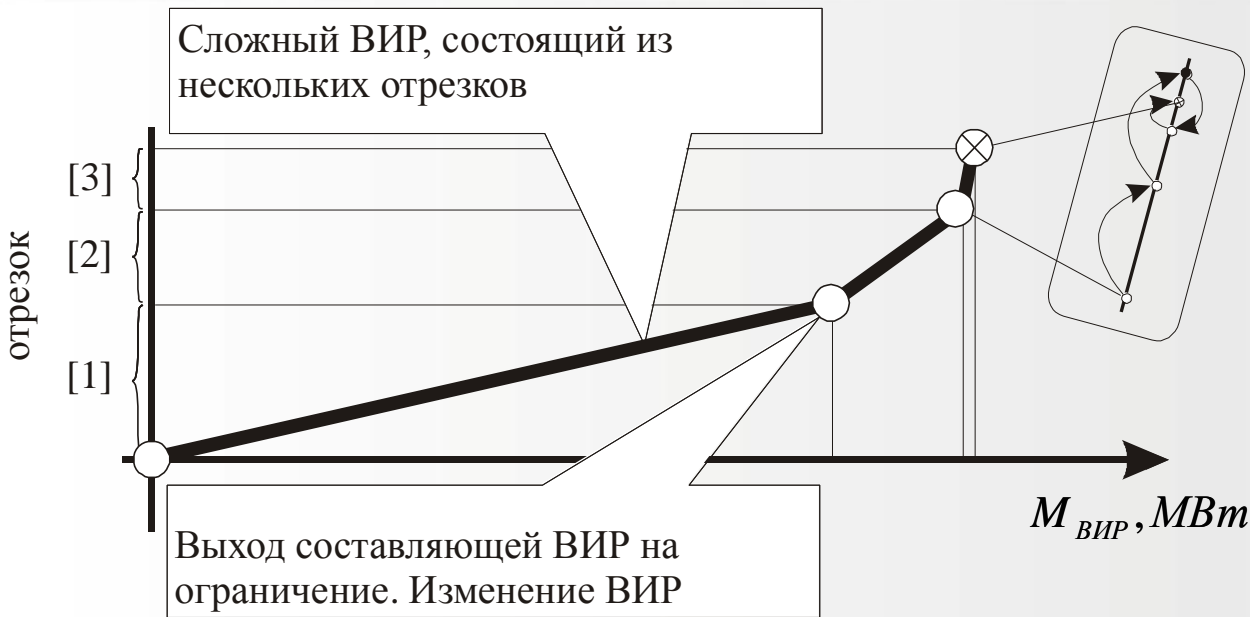


Этапы поиска опасного сечения

1. Утяжеление исходного режима до предельного по статической устойчивости.
2. Расчет маркеров опасных сечений по ветвям схемы. Формирование заданного числа опасных сечений.
3. Ослабление предельного режима до МДП, АДП, U_{min1} , U_{min2} , $U_{крит}$, МДП_ U_{min1} , МДП_ U_{min2} , МДП_ $U_{крит}$, МДП_ $I_{доп}$.



Искривление ВИР при утяжелении



При утяжелении без учета частоты, нагрузочная и генераторная часть ВИР должны поддерживаться равным, чтобы не вызывать перекося утяжеления из-за мощности балансирующего узла !



Теория выделения опасного сечения

Выделение опасного сечения происходит на основе анализа обратной матрицы Якоби предельного режима. При ее спектральном разложении:

$$J^{-1} = \Lambda \cdot \lambda^{-1} \cdot B^T$$

- Λ матрица левых собственных векторов матрицы Якоби
- λ матрица с собственными числами матрицы Якоби на диагонали
- B матрица правых собственных векторов матрицы Якоби

В предельном режиме одно из собственных чисел матрицы Якоби начинает стремиться к нулю λ_0 , в результате соответствующие ей левый и правый собственные вектора начинают доминировать:

$$J^{-1} \approx \bar{\Lambda}_0 \cdot \lambda_0^{-1} \cdot \bar{B}_0^T$$

- $\bar{\Lambda}_0$ левый собственный вектор соответствующий λ_0
- λ_0 минимальное собственное число матрицы Якоби
- \bar{B}_0 правый собственный вектор соответствующий λ_0

В полученном выражении правый собственный вектор отвечает за изменение переменных Δx при решении системы линейных уравнений установившегося режима:

$$\Delta x = J^{-1} \cdot (-\Delta F)$$

$$\Delta x \approx \bar{\Lambda}_0 \cdot \lambda_0^{-1} \cdot \bar{B}_0^T \cdot (-\Delta F)$$

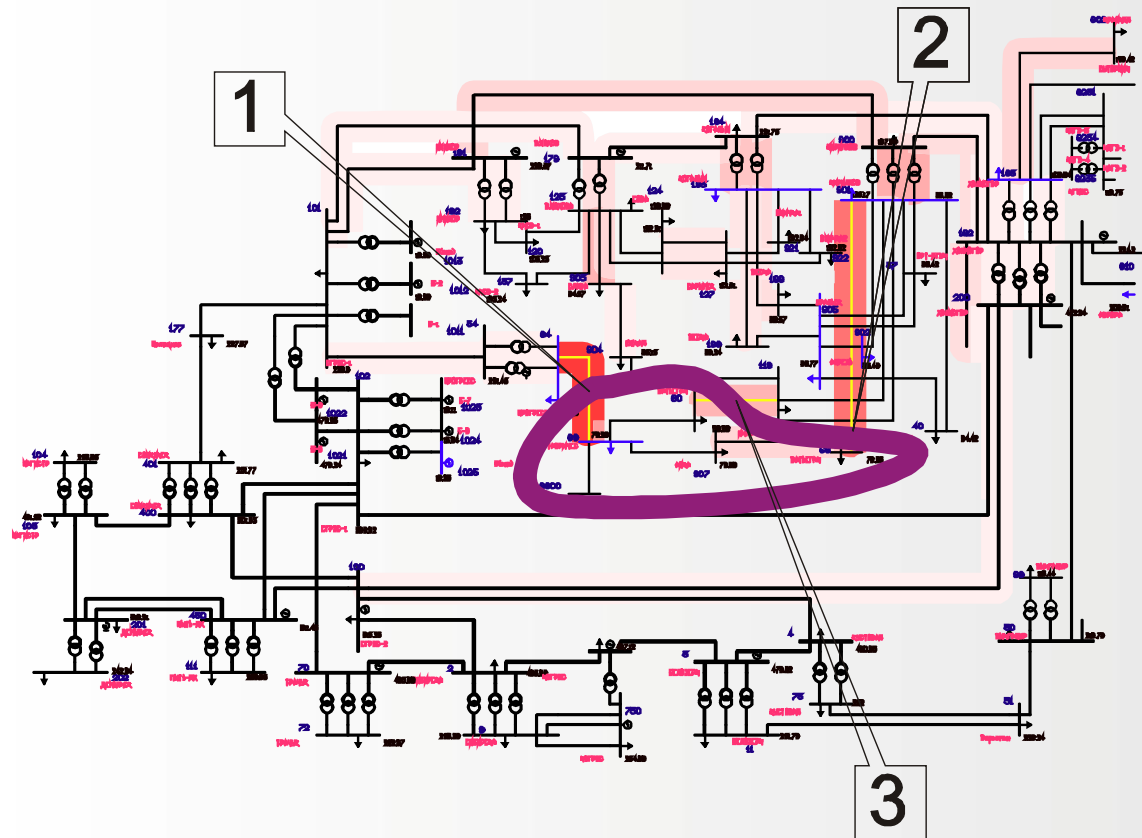
$$\Delta x = f(\bar{B}_0^T)$$

Следовательно в предельном режиме, компоненты правого собственного вектора можно использовать для анализа поведения Δx .



Формирование ОС

Маркеры ОС рассчитываются как разница компонентов собственного вектора по узлам начала и конца линии, её можно представить как величину изменения $\Delta\delta$ и Δu данной линии при единичном возмущении в любом из узлов схемы.



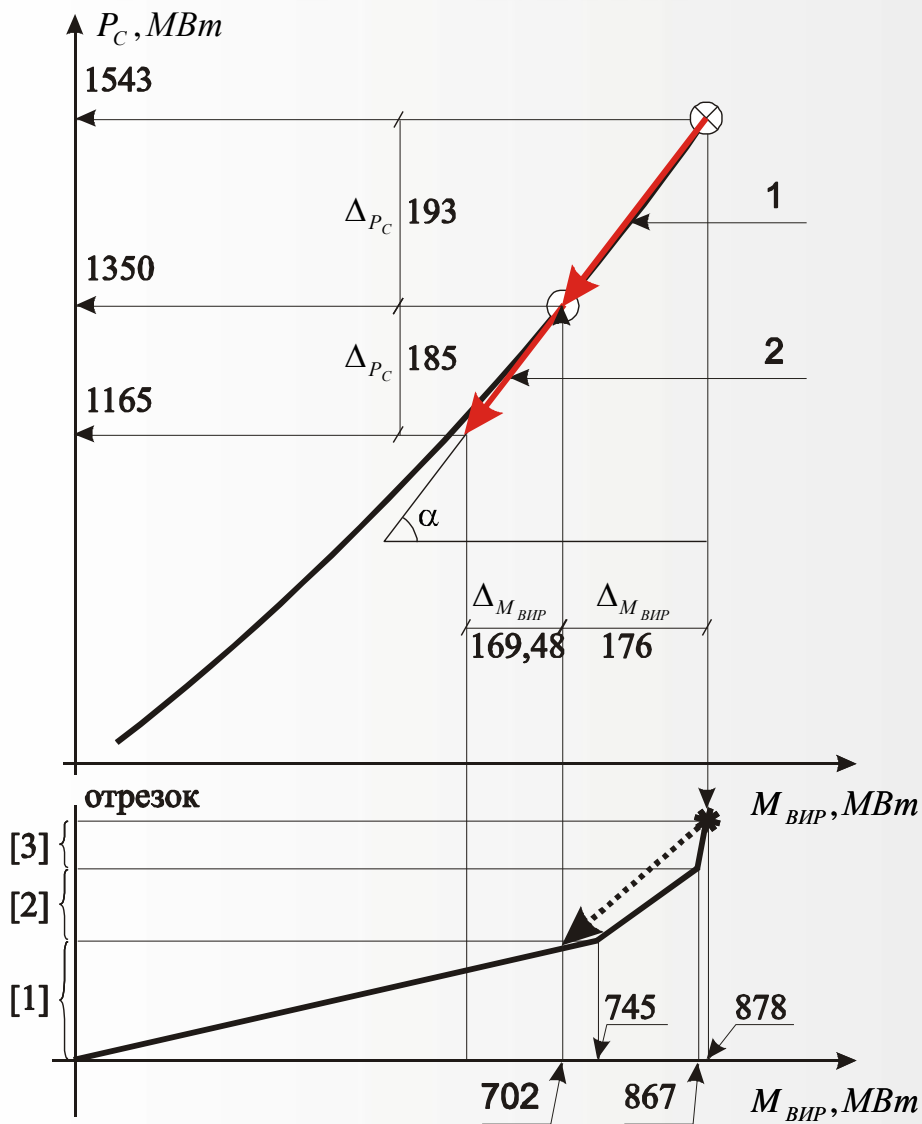
Интенсивность градиента по линиям соответствует маркерам опасных сечений По линиям.

Сечение из следующих линий:

- Прогресс (64)-Тавричес(69)
- Ватъеган(68)-Кириллов(901)
- Инга(118) – Ватъеган(60)



Ослабление режима



$$tg(\alpha) = \frac{\Delta P_C}{\Delta M_{VIP}} = \frac{1543 - 1350}{878 - 702} = \frac{193}{176} = 1.09$$

$$\Delta P_C = 1350 - 1165 = 185 \text{ MBm}$$

$$\Delta M_{VIP} = \frac{\Delta P_C}{tg(\alpha)} = 169.48 \text{ MBm}$$



Работа в составе ИРС

10

Консоль СМЗУ - Хозяин. Нормальный режим
Консоль Управление Информация Формы

Обновить Диспетчер Технолог Управление (супервизор) Архив событий

17.02.2010 10:47:43.071 Коды завершения Сервер СУПЕРВИЗОРА: smzu-m-tumn Порт СУПЕРВИЗОРА: 5260

Задачи	ID	Задачи	Состояние	Старт в	Финиш в	Следующий ...
Сервис доступа к БД СМЗУ	0	Сервис доступа к БД СМЗУ	work	12:06:04 10.01.10	12:05:57 10.01.10	
Архивирование режимов	1	Архивирование режимов	work	17:43:28 08.02.10	17:43:28 08.02.10	
Фиксация запусков	2	Фиксация запусков	work	00:55:24 03.01.10		
Заполнение из SCADA	3	Заполнение из SCADA	work	23:37:33 16.02.10	23:37:31 16.02.10	
Циклический расчет СМЗУ	4	Циклический расчет СМЗУ	WAIT	10:47:30	10:47:41	10:48:00
ОЖИДАНИЕ SCADA	5	Чистка файлов	WAIT	10:40:00	10:40:00	10:50:00
НОВЫЙ РЕЖИМ	6	Менеджер системы	work	00:55:24 03.01.10		
ЗАПОЛНЕНИЕ ИЗ SCADA	7	Контроль изменения топологии	STOP	00:55:23 03.01.10		
ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ						
Расчет после ОЦЕНКИ						
МДП алгоритм НИИПТ						
МДП алгоритм ТСГ						

заданий=11 процессов=19

Процессы циклического задания

Циклический процесс= Циклический расчет СМЗУ

№ пр	Кол-во	К...	T (сек)	Старт в	Процесс	EXE
0	130783		0,109	10:47:30,055	ОЖИДАНИЕ SCADA	R:\CFRAS\Un...
1	130781		0,11	10:47:30,164	НОВЫЙ РЕЖИМ	R:\CFRAS\Un...
2	130781		1,64	10:47:30,274	ЗАПОЛНЕНИЕ ИЗ SCADA	R:\CFRAS\Un...
3	130701		2,438	10:47:31,914	ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ	R:\CFRAS\Un...
4	130345		1,531	10:47:34,352	Расчет после ОЦЕНКИ	R:\CFRAS\Un...
5			0	10:47:35,883	МДП алгоритм НИИПТ	\$IGNORE=0 R:\CFRAS\Un...
6	130345		4,703	10:47:35,899	МДП алгоритм ТСГ	R:\CFRAS\Un...
7	129965			10:47:40,602	КОНЕЦ ЦИКЛА	R:\CFRAS\Un...
8	130783		0,547	10:47:40,930	КОНЕЦ РЕЖИМА	R:\CFRAS\Un...

10.47:43 | Компьютер=SMZU-M1-TUMN, Пользователь=AdminSMZU-TUMN, SQL Сервер=SMZU-M-SQL-TUMN, База=SMZU



Сечения ТРДУ полученные в цикле ИРС

11

Консоль СМЗУ - Хозяин. Нормальный режим
Консоль Управление Информация Формы

Обновить Диспетчер Технолог Управление (супервизор) Архив событий

10:45:51 Нормальный режим последний расчет в 10:45:30 архив

Опасные сечения Инструктивные сечения

ВИР

№ ВИР	Имя ВИР	KG	KN	со...	Ут...	К...
3	Ориентац СРТО				0	1
2	Ноябрьск и Север				0	1
1	Север				0	1
4	Когалы...				0	1
5	Ноябрьск				0	1
6	Когалым				0	1

всего ВИР=6

● есть сечение ● без сечения
● отключен

Выбранное ОС: 3 Ориентация: СРТО сечение 1

всего сечений=6

НИИПТ ТСГ Нормальные ОС

Все сечения

ВИР/Сечение	Линия сечения	Факт	МДП	МДП	Идоп	минус	АДП	Предел	P Umin1	P Umin2
3 Ориентация: СРТО	сечение №1 -Сечение делящее на две части основной наблюдаемый фрагмент	-164.3	-227.2		-238,1		-267	-319,6	-289,5	-292,6
2 Ноябрьск и Север	сечение №1 -Сечение делящее на две части основной наблюдаемый фрагмент	-164.3	-231.3		-269,4		-271,9	-325	-294,9	
1 Север	сечение №1 -Нормальное ОС	-164.3	-297.9				-349,4	-411,6	-376,9	
4 Когалым+...	сечение №1 -Сечение делящее на две части основной наблюдаемый фрагмент	-622.6	-640.7		-654,4		-743	-852,5	-812,5	
5 Ноябрьск	сечение №1 -Сечение делящее на две части основной наблюдаемый фрагмент	-622.6	-731		-754		-847,2	-968,3	-924,6	
6 Когалым	сечение №1 -Нормальное ОС	-665.7	-988.9		-875,6		-1153,7	-1296,6	-1230	-1253,7



Быстрый фильтр опасных линий для «n-1»

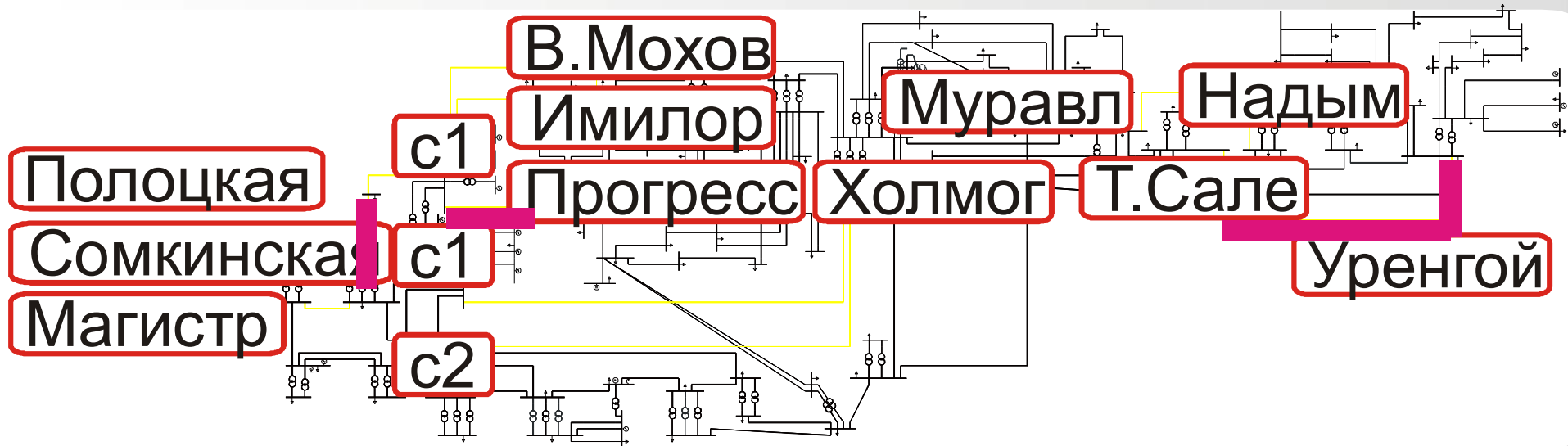
N-к/Ветви	П	С	М. макс	М. мин	Название	Угол	В. макс	Т.А	max D	max d	
1	54	101			ПРОГРЕСС - СГРЭС-1						
2	177	401			Полоцкая - СОМКИНСК						
3		101	177		СГРЭС-1 - Полоцкая	240.8	-354	норм	0.3	9.8	
4	505	501			Т.САЛЕ - УРЕНГОЙ						
5		103	400		МАГИСТР - СОМКИ	490.3	653	норм	0.2	39	
6					СГРЭС2 - ХОЛМОГ						
7		101	181		СГРЭС-1 - ИМИЛОФ	240.8	-245	норм	0.2	11.6	
8		504	552		МУРАВЛЕН - НАДЬ	244.2	-64	норм	0.2	5.8	
9					СГРЭС1 - ХОЛМОГ						
10		101	179		СГРЭС-1 - В.МОХОЕ	240.8	-235	норм	0.1	8.5	
11		102	70		СГРЭС-1 - ТРАЧУК	514.3	-455	норм	0.1	23	
12		3	75		БЕЛОЗЕРН - НВГРЭС	481.3	545	норм	0.1	23.1	
13		100	4		СГРЭС-2 - КУСТОВА	517.7	-587	норм	0.1	15.3	
14		450	100		ПЫТЬ-ЯХ - СГРЭС-2	512.1	933	норм	0.1	5.2	
15		100	400		СГРЭС-2 - СОМКИНСК	517.7	-1356	норм	0.1	7.8	
16		64	69		ПРОГРЕСС - ТАВРИ	121.6	-83	норм	0.1	4.5	
17					ХОЛМОГ - МУРАВЛ						
18		2	9	2	СИБИРСКА - СИБИФ	487.8	-265	норм	0.1	4.2	
19		503	504	1	Муравл500 - МУРАВ	520	-262	норм	0.1	4.8	
20		118	60		ИНГА - ВАТЬЕГАН	120.1	-40	норм	0.1	6.5	
21		123	903		В.МОХОВА - СЛАВА	117.2	-36	норм	0.1	0.8	
22		103	104	1	МАГИСТР - МАГИС	490.3	-296	норм	0.1	10.4	
23		68	901		ВАТЬЕГАН - КИРИЛ	117.4	36	норм	0.1	5.3	
24		3	11	1	БЕЛОЗЕРН - БЕЛО	481.3	-348	норм	0.1	5.8	
25		75	750		НВГРЭС - НВГРЭС	485.1	-211	норм	0.1	0.4	
26		3	11	2	БЕЛОЗЕРН - БЕЛО	481.3	-346	норм	0.1	5.7	
27		505	500	3	Т.САЛЕ - Т.САЛЕ	248.7	-94	норм	0.1	1	
28		505	500	4	Т.САЛЕ - Т.САЛЕ	248.7	-93	норм	0.1	1	
29		54	64	1	ПРОГРЕСС - ПРОГР	232.6	-134	норм	0.1	1.6	
30		2	100		СИБИРСКА - СГРЭС	487.8	419	норм	0.1	3.8	
31		200	600	1	ХОЛМОГОР - Т.САЛ	513.9	-269	норм	0.1	16.3	
32		51	6901	1	Ватьеган - ВАРЬЕГ	225.1	-106	норм	0.1	5.3	
...											
31					Хол - Т.Сале						
...											
95					Муравл. - Т.Сале						

- Позволяет быстро оценить тяжесть потери линии для режима
- Перебирает все линии схемы
- Использует топологический анализ сети(не проверять линии отключение которых приводит к погашению части схемы)



Первые 10 линий из «n-1»

13



Линии при потере которых не существует режим выделены красным:

Полоцкая-Сомкинская

С1 - Прогресс

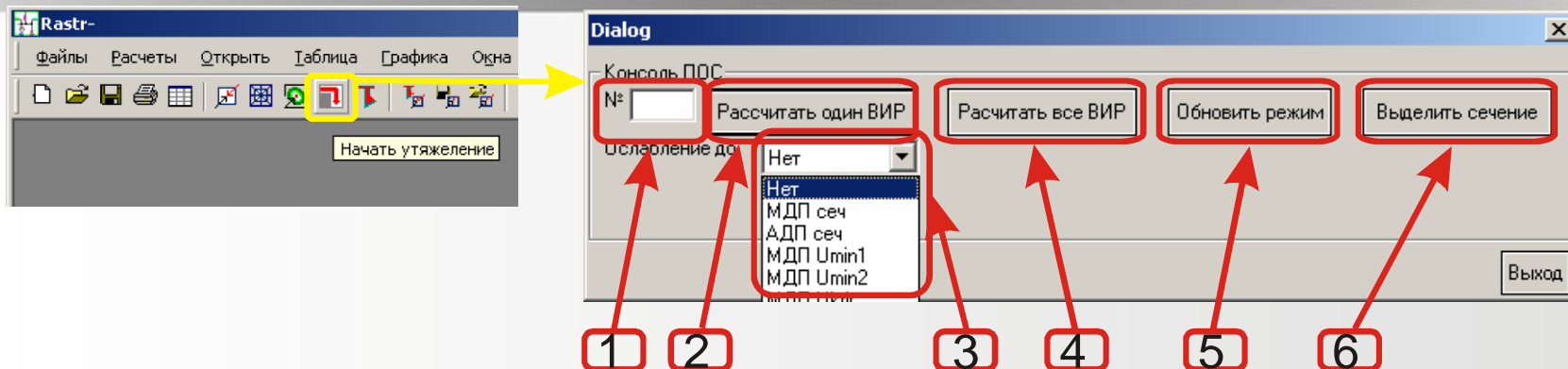
Т.Сале - Уренгой

Желтым и красным цветом нанесены первые 10 линий из анализа на тяжесть потери линии из «n-1»



Консоль тестирования

14



Элементы управления расчетом:

- 1 – Задание номера, при расчете по одному ВИР;
- 2 – Запуск расчета по одному ВИР указанному в «1»;
- 3 – можно при расчете по одному ВИР, задавать место остановки. Это выполняется при помощи комбобокса «Ослабление до»

- «Нет»
- «МДП сеч»
- «АДП сеч»
- «МДП Umin1»
- «МДП Umin2»
- «МДП Ukrit»
- «МДП Iдоп»

- 4 – Запуск расчета по всем активным ВИРам в таблице «ВИР» - имитация работы в составе ИРС;

Вспомогательные элементы:

- 5 – Запуск обновления текущего режима из файла;
- 6 – Выделение любого сечения на графике и в таблицах: «узлы» (элементы ВИР для данного сечения), «ветви» и «группы линий». Это позволяет просмотреть полученное сечение в графическом представлении.



Реализовано

15

- Генерация траекторий утяжеления из ВИР и ограничений по узлам и районам;
- Расчет маркеров опасных сечений;
- Формирование заданного количества опасных сечений и их топологический контроль;
- Высокопроизводительное хранилище полученных режимов;
- Ослабление режима до МДП, АДП, U_{min1} , U_{min2} , $I_{доп}$;
- Быстрый фильтр для “N-1”.
- Стыковка с ИРС;
- Высокая общая производительность: схема СРТО содержит 107 узлов и 180 ветвей, общее время работы по 6 ВИР в цикле ИРС составляет 4,7 с. **Рассчитываются примерно 60 установившихся режимов!** (Включая инициализацию, получение всех данных из БД, запись результатов и логов);



Спасибо за внимание !