



Автоматическое повторное включение

Область применения АПВ

- Линии электропередач выше 1 кВ (воздушные и смешанные кабельно-воздушные линии).
- Сборные шины.
- Трансформаторы (понижающие).
- Двигатели, отключенные АЧР.



Виды АПВ

- По кратности действия: **однократные, двукратные, трехкратные** (очень редко).
- По способу воздействия на Q: **механические, электрические.**
- По числу фаз: **трехфазные (ТАПВ), однофазные (ОАПВ).**

ОАПВ – для ответственных линий 500 кВ и выше. Выполняются однократными, комбинируются с ТАПВ. АПВ только для поврежденной фазы.



АПВ линий

- Большинство повреждений воздушных ЛЭП неустойчивы и самоустраняются. Успешные АПВ (когда включенные линии не отключаются снова РЗ) составляют 60-70%.

АПВ линий с односторонним питанием

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ГП}} + t_{\text{зап}}$$

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ДС}} + t_{\text{зап}}$$

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ВВ}} + t_{\text{зап}}$$

$$t_{\text{ГП}} = 0,05 - 0,2 \text{ с}$$

$$t_{\text{зап}} = 0,4 - 0,5 \text{ с}$$

$$t_{\text{ВВ}} = 0,05 - 0,2 \text{ с}$$

$$t_{\text{ДС}} = 0,1 - 0,3 \text{ с}$$

- Оптимальное время срабатывания однократного АПВ для одиночных воздушных линий 6-110 кВ $t_{\text{АПВ1}} \approx 2 - 3 \text{ с}$

- Время срабатывания второго цикла двукратного АПВ

$$t_{\text{АПВ2}} \approx 15 - 20 \text{ с}$$

Схема АПВ на выпрямленном оперативном токе для линии с односторонним питанием

Время возврата УАПВ определяется временем заряда конденсатора C_1 (15-25 с).

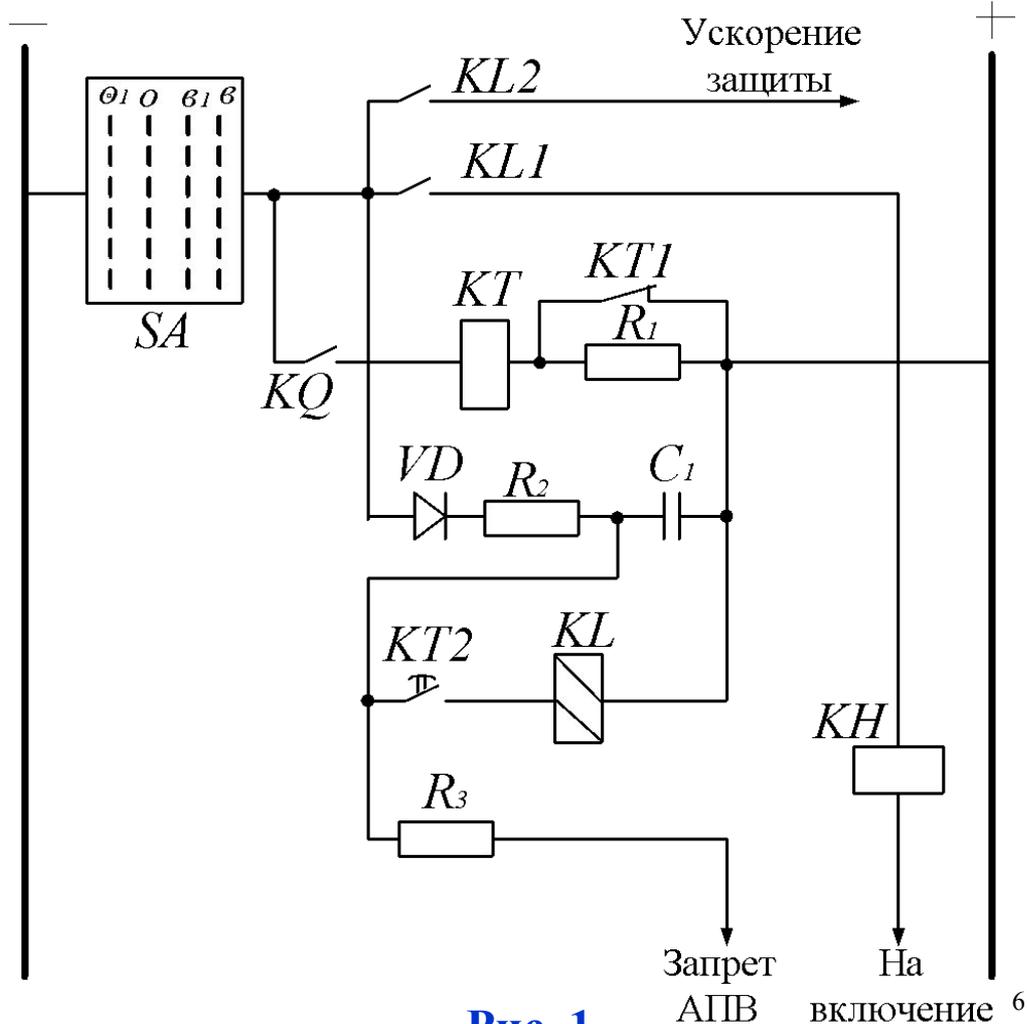
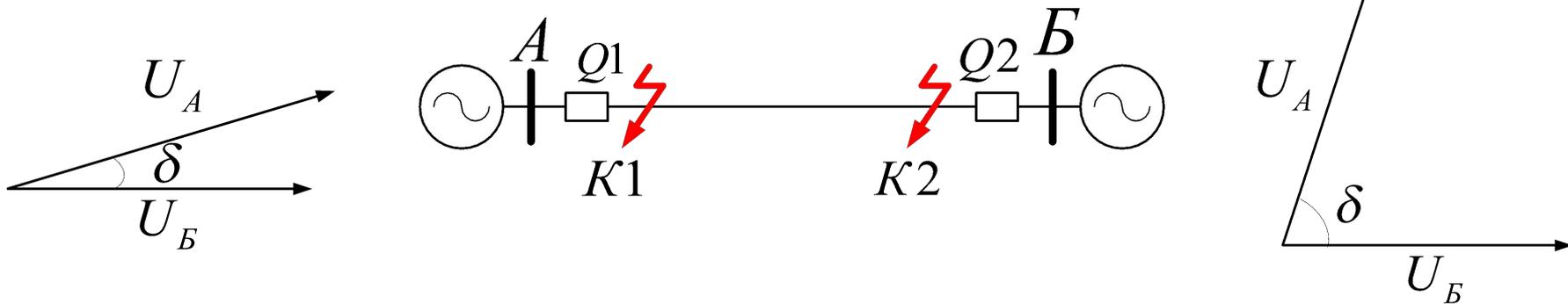


Рис. 1

Особенности АПВ линий с двусторонним питанием



Отключение линии может происходить каскадно.

При **K1**

$t_{АПВ1} (Q1)$ минимально, $t_{АПВ2} (Q2)$ – максимально.

$$t_{\hat{A}\ddot{I} \hat{A}1} (Q1) \neq t_{\hat{A}\ddot{I} \hat{A}2} (Q2)$$

Последствия несинхронного АПВ для линий с двусторонним питанием

При несинхронном АПВ:

- **появляются сверхтоки(могут превышать ток трехфазного КЗ),**
- **появляются токи и напряжения обратной последовательности,**
- **снижаются напряжения,**

Таким образом, все защиты ЛЭП (кроме диф.) могут действовать неправильно.

АПВ линий с двусторонним питанием без контроля синхронизма

Допускается

1. При наличии нескольких параллельных линий.
2. При наличии быстродействующих Q и PЗ, позволяющих обеспечить $t_{\hat{A}\hat{I}} \approx 0,25 - 0,5 \text{ н}$
3. Если включение на несинхронную работу при любом угле между напряжениями не опасно для оборудования.

Виды АПВ для линий с двухсторонним питанием без контроля синхронизма

- **НАПВ – несинхронное АПВ.**

Допускается, если несинхронное включение не приводит к порче оборудования.

- **БАПВ – быстродействующее АПВ.**

Допускается при наличии быстродействующих воздушных, вакуумных, элегазовых выключателях и РЗ без выдержки времени.

Виды АПВ для линий с двухсторонним питанием с контролем синхронизма

- **АПВУС** – АПВ с улавливанием синхронизма – разрешает включение линии в определенном диапазоне углов между напряжениями по концам линии.
- **АПВОС** – АПВ с ожиданием синхронизма-включает линию только при синхронизме.

Схема рис.1 дополняется реле контроля синхронизма и реле напряжения.

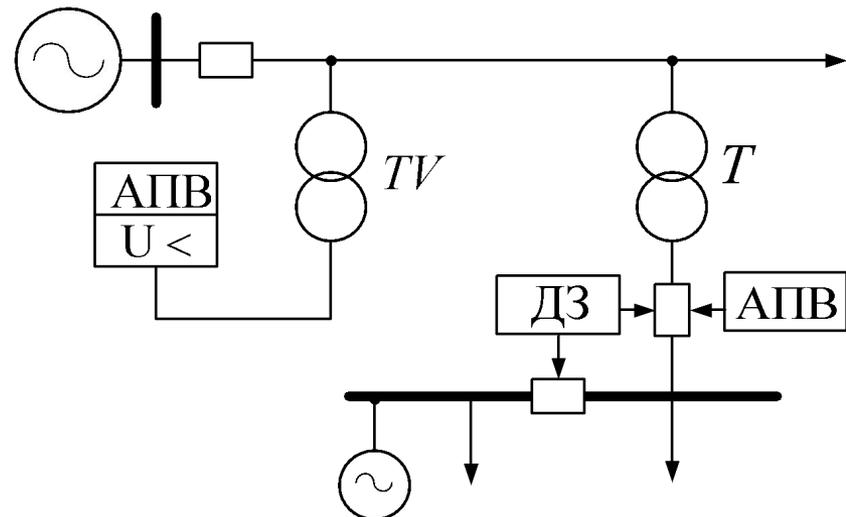
АПВ трансформаторов

- УАПВ оборудуются все Т мощностью более 1 МВА.
- Время срабатывания АПВ трансформаторов определяется по условиям

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ГП}} + t_{\text{зап}}$$

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ДС}} + t_{\text{зап}}$$

$$t_{\text{АПВ1}} \geq t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ВВ}} + t_{\text{зап}}$$



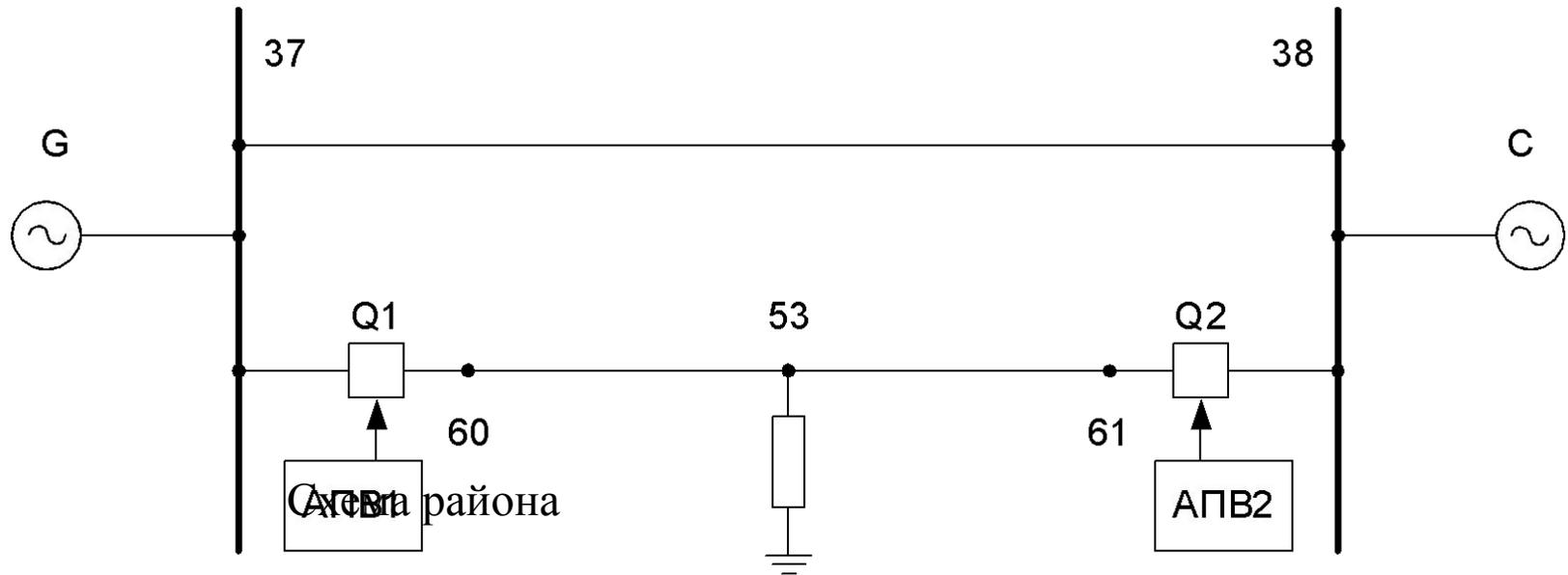
АПВ трансформаторов

- Если в прилегающей сети НН имеются синхронные генераторы, компенсаторы или двигатели, АПВ трансформатора должно иметь орган, контролирующий исчезновение U на шинах НН.
- Тогда время действия УАПВ U срабатывания его пускового органа

$$t_{\text{АПВ}} \geq t_{\text{ДЗ}} + \Delta t$$

$$U_{\text{СЗ АПВ}} \leq \frac{(0,6 - 0,7)U_{\text{НОМ}}}{k_{\text{Н}}}$$

Моделирование АПВ в ПК «Мустанг»



Автоматика 1. Успешное АПВ.

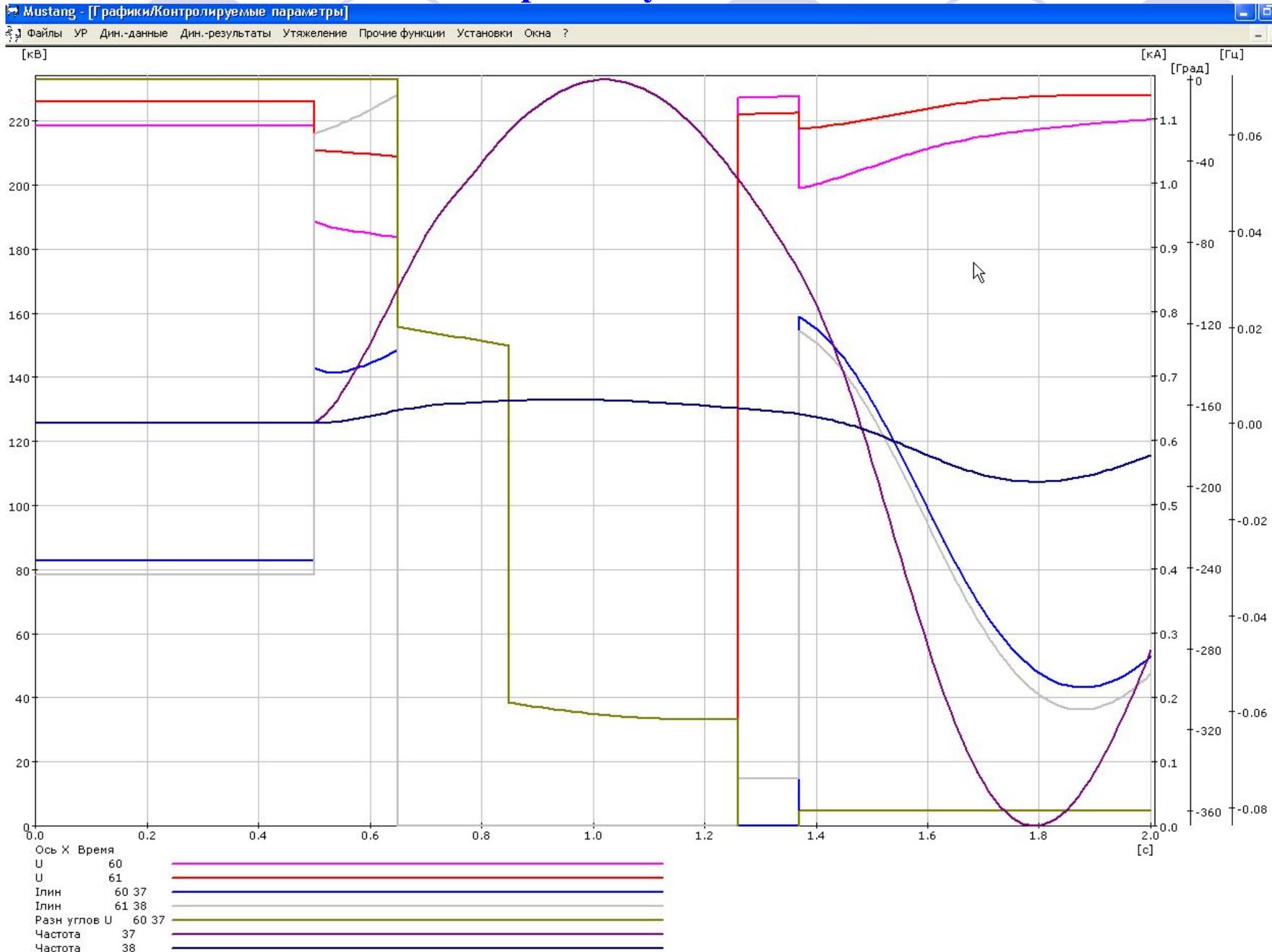
Mustang - [Автоматика]

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

Стандартные АЛАР Программируемые

Пояснение	N	Логика	Фактор	Ni	Nj	Nп	Уставка	T1	Кв	Zk1	Zk2
			T2	Действие	Ni	Nj	Nп	Парам1	Парам2	Парам3	
	1			Время			0.500				
	1			Шунт	53			50.000			
	1	0.150		Отключить связь	37	60					
	1	0.150		Отключить связь	61	38					
	1			Отключить автоматику	3						
	1	0.200		Включить автоматику	3						
	1	0.350		Шунт	53			-50.000			
	2			Umin	61		22.000				
	2	0.600		Включить связь	61	38					
	3			Umax	60		200.000				
	3	0.100		Включить связь	37	60					

Осциллограмма успешного АПВ



Автоматика 2. Неуспешное АПВ

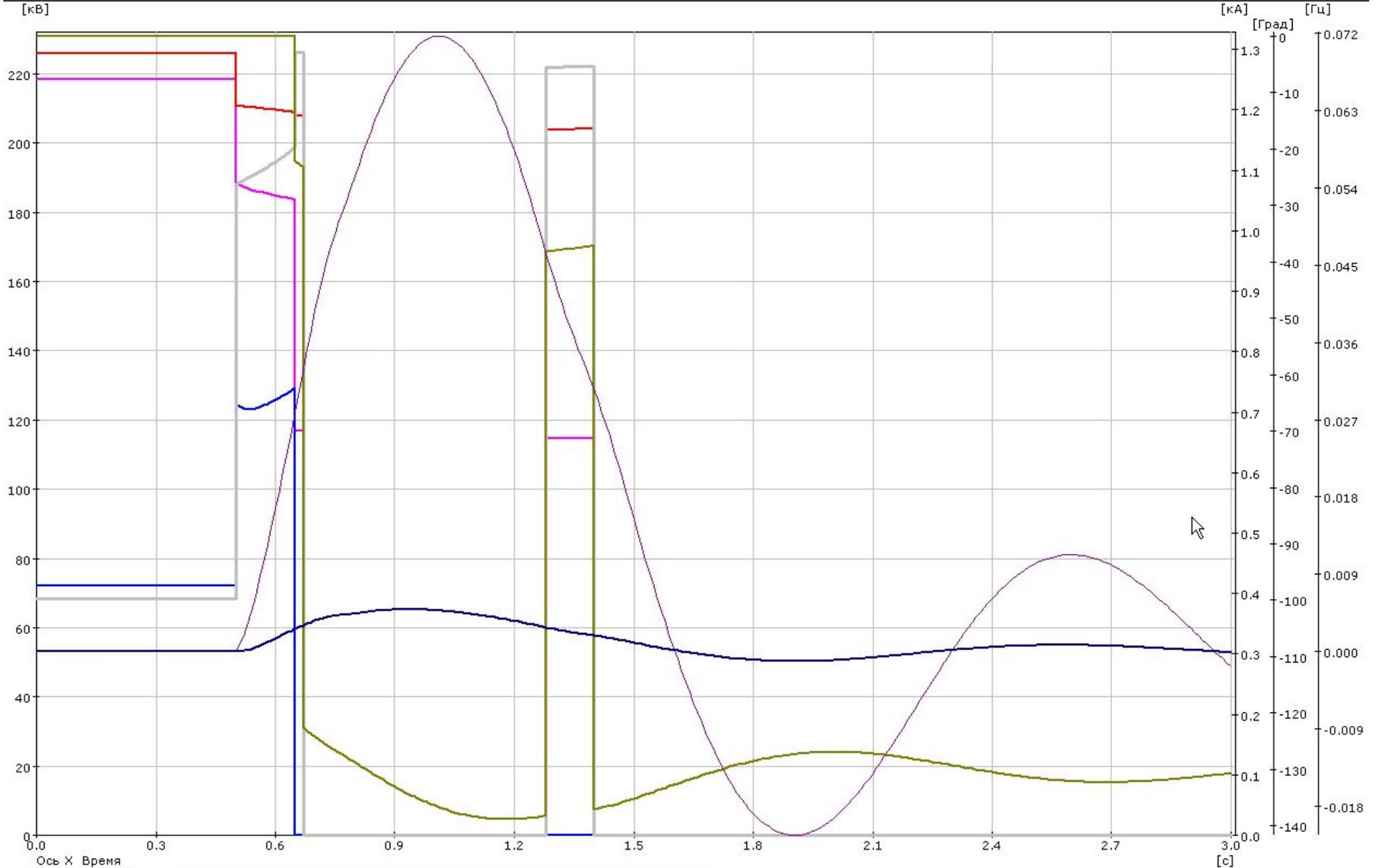
Mustang - [Автоматика]

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

Стандартные АЛАР Программируемые

Пояснение	N	Логика	Фактор	Ni	Nj	Nп	Уставка	T1	Кв	Zk1	Zk2
			T2	Действие	Ni	Nj	Nп	Парам1	Парам2	Парам3	
	1			Время			0.500				
	1			Шунт	53				50.000		
	1		0.150	Отключить связь	37	60					
	1		0.170	Отключить связь	61	38					
	1			Отключить автоматику	3						
	1			Отключить автоматику	4						
	1			Отключить автоматику	5						
	1		0.200	Включить автоматику	3						
	1		0.200	Включить автоматику	4						
	1		0.200	Включить автоматику	5						
	1		10.000	Шунт	53				-50.000		
	2			Umin	61		22.000				
	2		0.600	Включить связь	61	38					
	3			Umax	60		200.000				
	3		0.100	Включить связь	37	60					
	4			Imax	37	60	0.540	0.020			
	4		0.100	Отключить связь	37	60					
	5			Imax	61	38	0.510	0.020			
	5		0.100	Отключить связь	61	38					

Осциллограмма неуспешного АПВ



Ось X	Время	Сериал
U	60	Blue line
U	61	Red line
Iлин	60 37	Green line
Iлин	61 38	Grey line
Разн углов U	60 37	Dark blue line
Частота	37	Purple line
Частота	38	Dark blue line