



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ

О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЛИКВИДАЦИИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДОПУСТИМЫХ ПЕРЕТОКОВ ПО КРИТЕРИЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Докладчик: Сухов Егор Романович

Организация: Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Руководитель: Вайнштейн Р.А., профессор-
консультант ОЭЭ ИШЭ ТПУ, д.т.н.

Кемерово, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

- Общая характеристика
- Принимаемые в настоящее время временные параметры работы элементов аппаратуры
- Методика
- Определение вероятности излишней работы УРОВ при принимаемой в настоящее время его выдержки времени
- Снижение выдержки времени УРОВ
- Вероятность излишней работы УРОВ
- Определение предельных перетоков по критерию ДУ
- Результаты исследования

Объект

Возможность повышения допустимых перетоков активной мощности в КС по критерию ДУ.

Предмет

Снижение полного времени ликвидации КЗ за счет определения допустимого снижения выдержки времени УРОВ на основе учета вероятностного характера разброса времени работы аппаратуры и использования метода статистических испытаний.

Проблема

Одним из факторов определяющих предельные перетоки по критерию ДУ является полное время ликвидации КЗ. Наибольшее время ликвидации КЗ имеет место при отказе выключателя и действии УРОВ. Наибольшей составляющей в полном времени ликвидации КЗ является выдержка времени УРОВ. В настоящее время принято выдержку времени УРОВ назначать исходя из максимально возможного разброса времени работы аппаратуры РЗА. В то же время отличия времени работы аппаратуры от паспортных данных носит случайный характер. Поэтому предлагается определять допустимое снижение выдержки времени УРОВ с учетом вероятностного характера факторов, влияющих на это время.

ПРИНИМАЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТУРЫ



Таблица 1 – Принимаемые в настоящее время времена ликвидации КЗ

Присоединение	Объект	Т _{л_кзо}	Т _{л_кз уров}
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1	ПС 500 кВ Новокузнецкая	75	255
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №2	ПС 500 кВ Новокузнецкая	80	319
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное № 1	ПС 500 кВ Означенное	110	351
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное № 2	ПС 500 кВ Означенное	110	351
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1	Саяно-Шушенская ГЭС	120	416
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №2	Саяно-Шушенская ГЭС	120	416
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное № 1	Саяно-Шушенская ГЭС	130	426
КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Означенное № 2	Саяно-Шушенская ГЭС	130	426

$$\Delta\delta = \frac{\Delta P_{нб*} \omega_{ном} \Delta t^2}{2T_j}$$

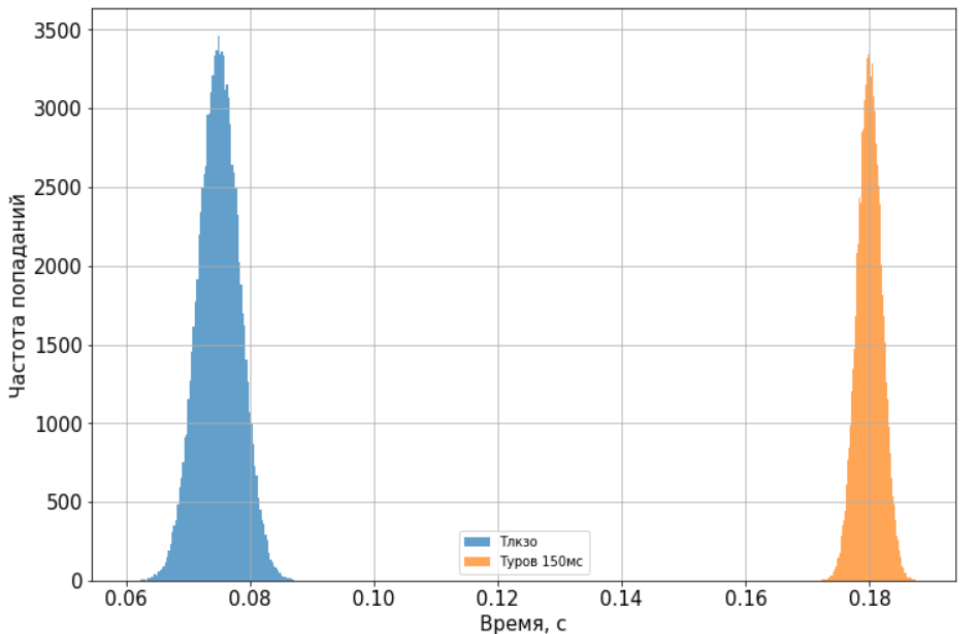
Влияние времени отключения КЗ на изменение относительного угла δ

КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1
(Объект ПС 500 кВ Новокузнецкая)

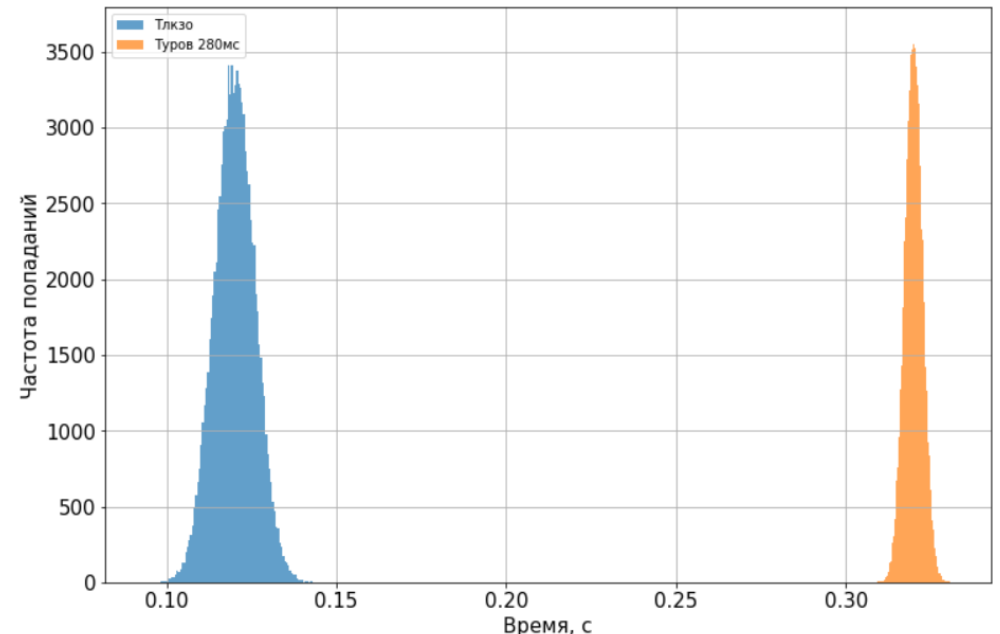
$$\begin{aligned} T_{л_кзо\ уров} &= T_{оз} + T_{срПроз} + T_{уров} + T_{вых\ уров} + T_{вх_дзш} + T_{вых_дзш} + T_{овсмеж} \\ &= 30 + 5 + 150 + 5 + 10 + 15 + 40 = 255 \text{ мс;} \end{aligned}$$

- 1 • Задача решается с учетом вероятностного характера изменения времени работы элементов аппаратуры и с последующим использованием метода статистических испытаний
- 2 • Назначение законов распределения плотности вероятности времени работы аппаратуры РЗА и выключателей
- 3 • Определение вероятности излишней работы УРОВ в зависимости от принимаемой выдержки УРОВ
- 4 • Определение возможного увеличения предельных перетоков по критерию ДУ с учетом допущения некоторой малой вероятности излишней работы УРОВ
- Принятие решения о целесообразном назначении времени отключения КЗ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ИЗЛИШНЕЙ РАБОТЫ УРОВ ПРИ ПРИНИМАЕМОЙ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ЕГО ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ



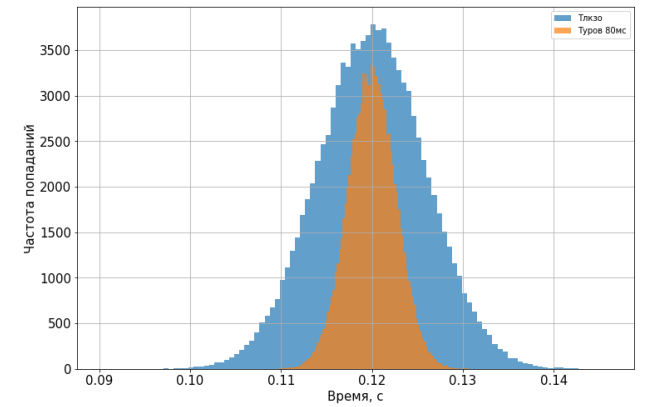
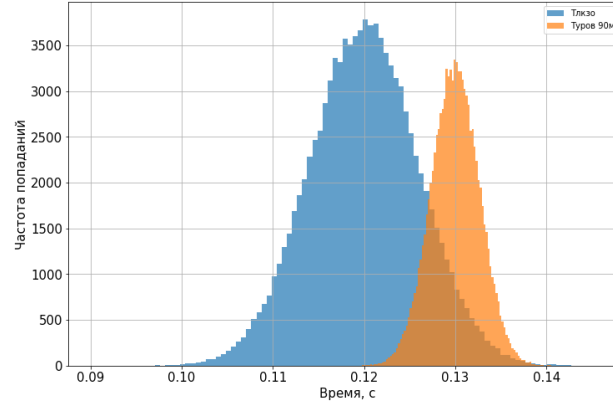
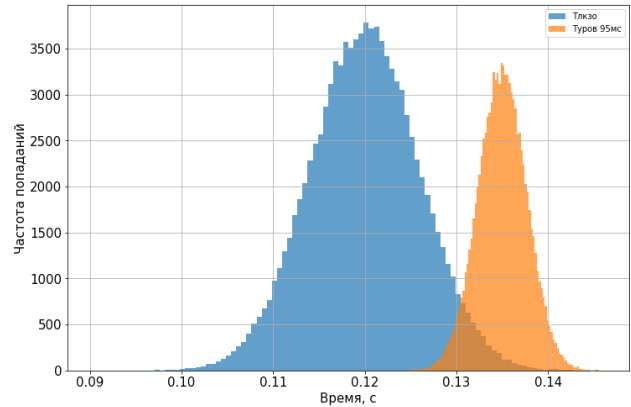
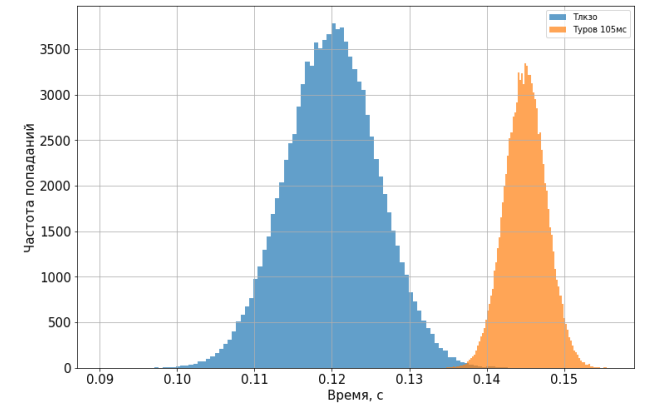
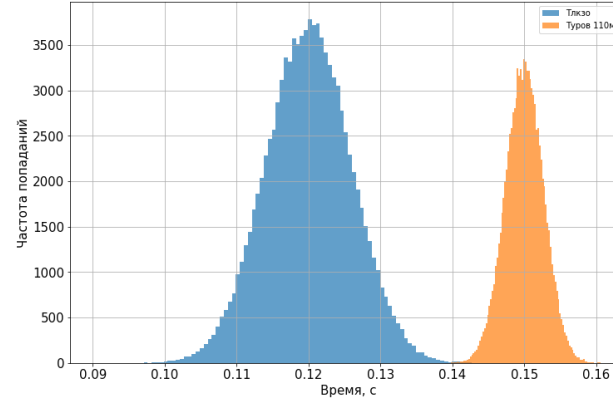
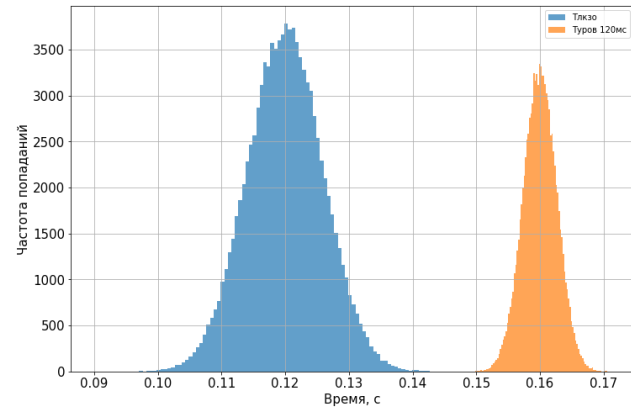
Гистограммы плотности распределения значений времени ликвидации короткого замыкания при работе основной защиты и времени срабатывания УРОВ (КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1 (Объект ПС 500 кВ Новокузнецкая))



Гистограммы плотности распределения значений времени ликвидации короткого замыкания при работе основной защиты и времени срабатывания УРОВ (КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1(2) (Объект Саяно-Шушенская ГЭС))

СНИЖЕНИЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ УРОВ

Присоединение КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1(2) на объекте Саяно-Шушенская ГЭС

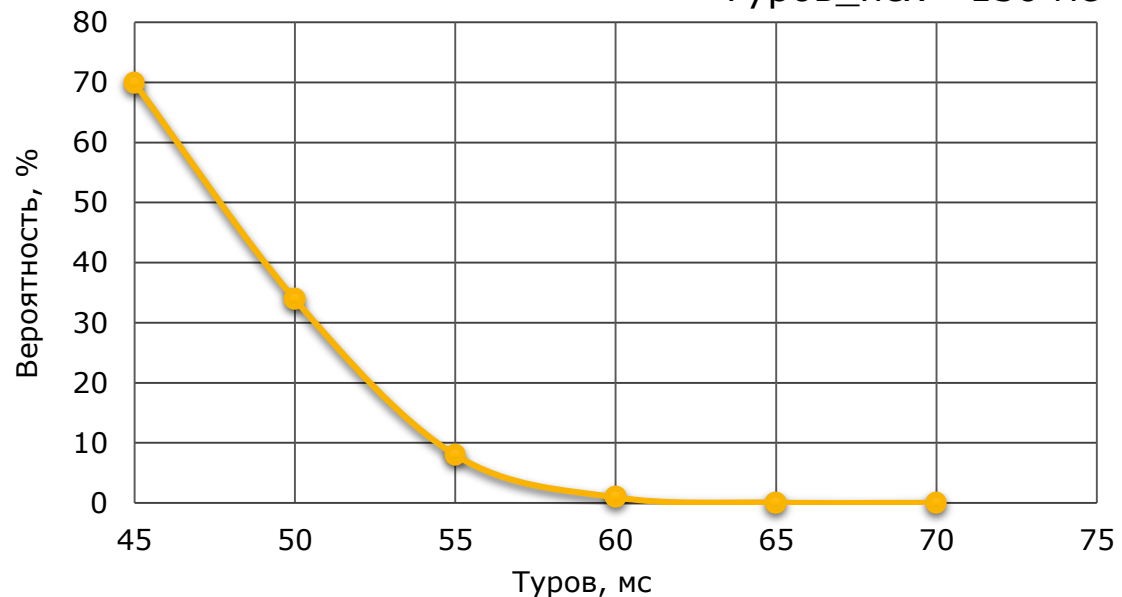


ВЕРОЯТНОСТИ ИЗЛИШНЕЙ РАБОТЫ УРОВ



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ

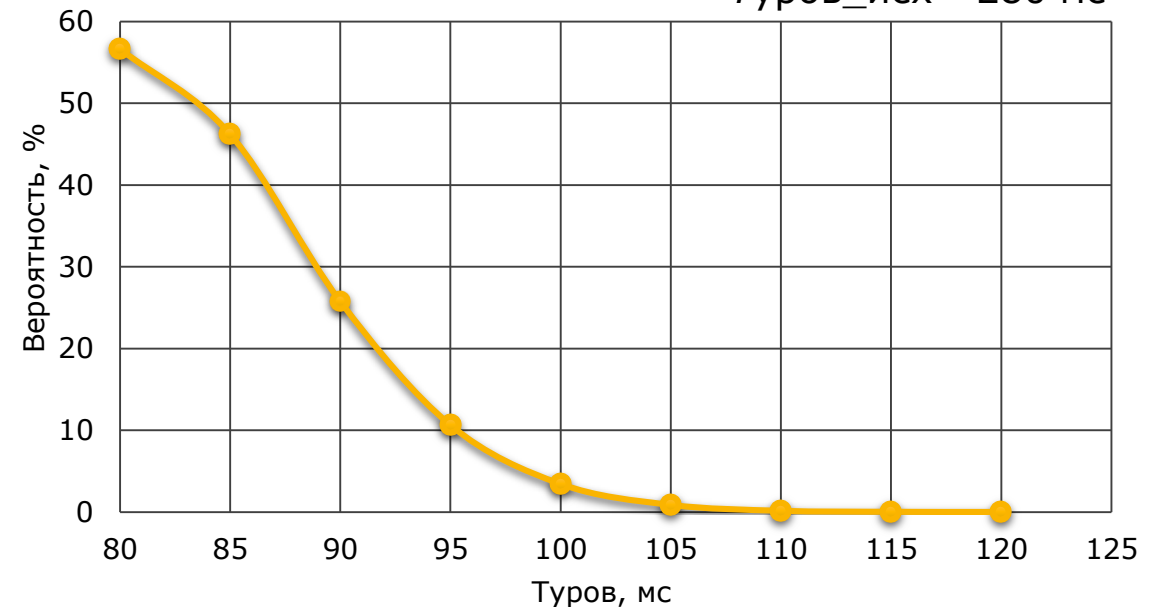
Туров_исх = 150 мс



Зависимость вероятности излишней работы УРОВ от принимаемой выдержки времени УРОВ

(КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1
(Объект ПС 500 кВ Новокузнецкая))

Туров_исх = 280 мс



Зависимость вероятности излишней работы УРОВ от принимаемой выдержки времени УРОВ (КВЛ 500 кВ

Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1(2)
(Объект Саяно-Шушенская ГЭС))

ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛЬНОГО ПЕРЕТОКА ОТ ВРЕМЕНИ УРОВ

Однофазное КЗ близ шин Саяно-Шушенской ГЭС на КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС– Новокузнецкая 1 при отказе выключателя и действии УРОВ на Саяно-Шушенской ГЭС

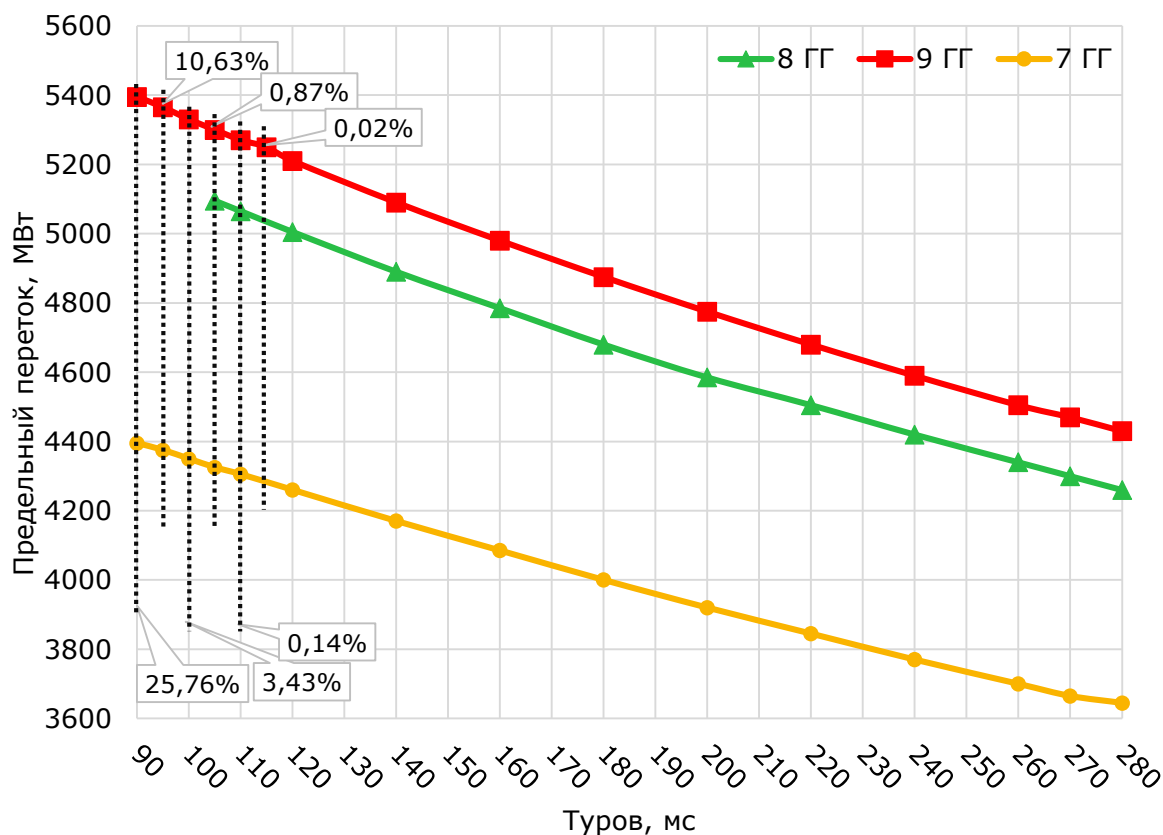


Таблица 3 – Результаты расчетов

Туров, мс	Вероятность излишней работы УРОВ, %	Количество включенных гидрогенераторов на Саяно-Шушенской ГЭС, шт.					
		7		8		9	
		Рпред, МВт	ΔРпред, МВт	Рпред, МВт	ΔРпред, МВт	Рпред, МВт	ΔРпред, МВт
280	0	3645	0	4260	0	4430	0
270	0	3665	20	4300	40	4470	40
260	0	3700	55	4340	80	4505	75
240	0	3770	125	4420	160	4590	160
220	0	3845	200	4505	245	4680	250
200	0	3920	275	4585	325	4775	345
180	0	4000	355	4680	420	4875	445
160	0	4085	440	4785	525	4980	550
140	$3,67 \cdot 10^{-8}$	4170	525	4890	630	5090	660
120	0,0025	4260	615	5005	745	5210	780
110	0,14	4305	660	5065	805	5270	840
105	0,87	4325	680	5095	835	5300	870
100	3,43	4350	705			5330	900
95	10,63	4375	730			5365	935
90	25,76	4395	750			5395	965

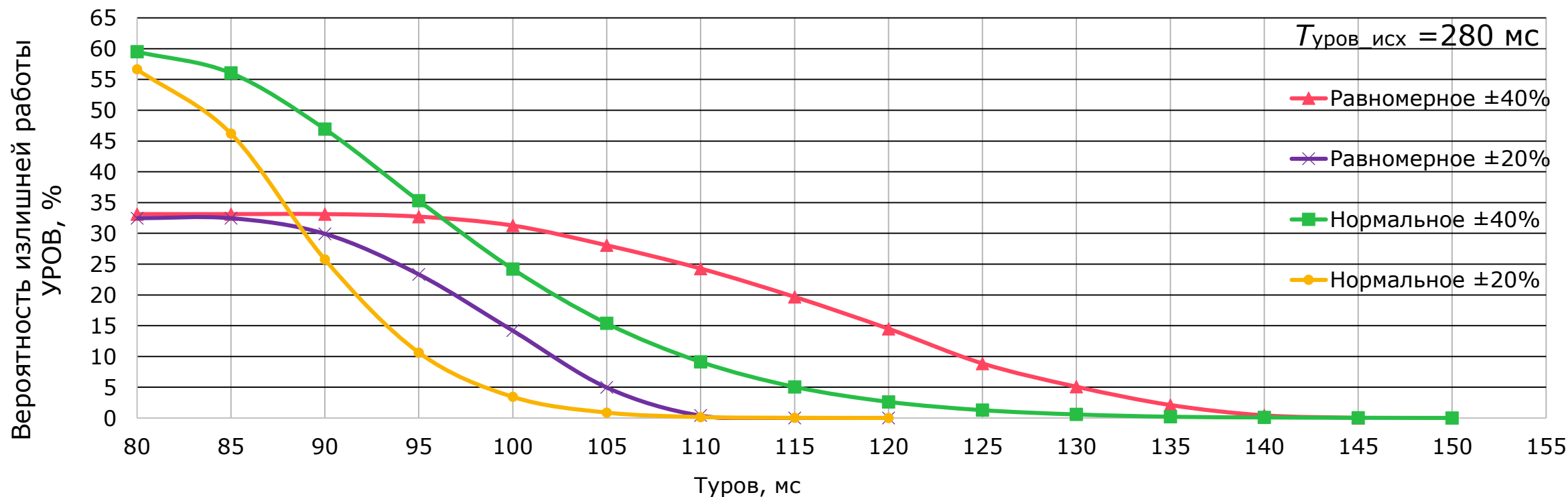
Зависимость предельного перетока от $T_{УРОВ}$

ВЕРОЯТНОСТИ ИЗЛИШНЕЙ РАБОТЫ УРОВ ПРИ ЗАДАНИИ МЕНЕЕ ОПТИМИСТИЧНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Таблица 4 – Результаты определения вероятности излишней работы УРОВ при снижении выдержки времени

Объект	Присоединение	Туров_исх, мс	Туров, мс	Закон распределения случайной величины				Тл_кз уров, мс
				Нормальный		Равномерный		
				±20	±40	±20	±40	
Саяно-Шушенская ГЭС	КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС–Новокузнецкая 1 (2)	280	150	0,00	0,01	0,00	0,00	286
			145	0,00	0,03	0,00	0,00	281
			140	0,00	0,09	0,00	0,41	276
			135	0,00	0,20	0,00	2,10	271
			130	0,00	0,58	0,00	5,07	266
			125	0,00	1,27	0,00	8,85	261
			120	0,00	2,63	0,00	14,49	256
			115	0,02	5,06	0,00	19,67	251
			110	0,14	9,12	0,41	24,27	246
			105	0,87	15,37	4,97	28,05	241
			100	3,43	24,21	14,20	31,26	236
			95	10,63	35,29	23,33	32,71	231
			90	25,76	46,94	29,92	33,12	226
			85	46,21	56,04	32,45	33,12	221
80	56,64	59,49	32,45	33,12	216			

ВЕРОЯТНОСТИ ИЗЛИШНЕЙ РАБОТЫ УРОВ ПРИ ЗАДАНИИ МЕНЕЕ ОПТИМИСТИЧНЫХ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ



Сравнение зависимостей вероятности излишней работы УРОВ от выдержки времени УРОВ при нормальных законах распределения $\Delta t = \pm 20\%$ и $\Delta t = \pm 40\%$ и при равномерных законах распределения $\Delta t = \pm 20\%$ и $\Delta t = \pm 40\%$ (КВЛ 500 кВ Саяно-Шушенская ГЭС – Новокузнецкая №1(2) (Объект Саяно-Шушенская ГЭС))

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

- Разработана методика определения возможного снижения полного времени ликвидации КЗ за счет определения допустимого снижения выдержки времени УРОВ на основе учета вероятностного характера разброса времени работы аппаратуры и использования метода статистических испытаний.
- Выполнены расчеты по определению вероятности излишней работы УРОВ в зависимости от его выдержки времени. Показано, что даже при существенном снижении выдержки времени УРОВ вероятность его излишней работы остается весьма малой.
- Выполнена оценка возможного повышения расчетных предельных перетоков по критерию ДУ с учетом возможного снижения выдержек времени УРОВ при сохранении малой вероятности его излишней работы.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Докладчик: Сухов Егор Романович

Организация: Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Контактная информация:

- г. Томск
- +7(905) 919-73-59
- ers6@tpu.ru