Особенности расчётной модели ТЭС

Система управления оборудованием, энергетическими режимами, рыночными и производственными стратегиями





Работа с моделью ТЭС (слайд из основной презентации)

- Отображение и редактирование модели в привычном для технолога виде (в соответствии с НТД)
- Версионность модели ТЭС
- Возможность задавать способы расчёта параметров
- Автоматизированный расчёт поправок к нормативу на основании факта
- Снижение трудоемкости моделирования (клонирование, экспорт, импорт, автоматизация оцифровки графиков)
- Актуализация модели силами технолога
- Возможность неограниченного расширения модели







Основные определения

Тепловая схема ТЭС	Визуальная модель станции, на которой представлено все основное оборудование и тепловые связи
Модель ТЭС	Совокупность всех алгебраических выражений и графиков, описывающих расчет всех ТЭП режима. Формируется на основе макета расчёта ТЭП, входящего в состав НТД по топливоиспользованию ТЭС
Нормативная характеристика	Совокупность параметров и способов их расчётов в формульном, либо в графическом виде, описывающая единицу оборудования
Способ расчета ТЭП	Выражение или алгоритм для расчета технологического параметра. Например, можно выделить фактический и нормативный способы расчета ТЭП
Мгновенный режим	Энергетический режим, который формируется или может сформироваться в конкретный момент времени
Агрегированный режим	Энергетический режим, получаемый посредством агрегации ряда энергетических режимов
Калькуляция	Расчёт значения параметра с использованием значений других параметров данного режима на основании графика или алгебраического выражения
Агрегация	Расчёт значения параметра с использованием функций агрегации и значений других параметров режимов меньших временных периодов, вложенных в интервал расчёта данного режима
ЕРВИС 🎽 МОДЕЛЬ	3

Тепловая схема ТЭС (1 / 2)

- Создаётся технологом ТЭС, либо консультантом Исполнителя с использованием визуального конструктора
- Основные элементы: котлы, турбины, коллектора, ГТПГ, виды топлива, ТЭС в целом
- Используется для:

СЕРВИ

- Описания состава ТЭП, способов их расчёта (при моделировании)
- Отображения значений ТЭП для 0 конкретного режима и способа его расчёта (при работе с данными режимов)
- Решения задач балансировки и \mathbf{O} оптимизации режимов молель

Пример тепловой схемы ТЭС



Мастер для добавления турбины

Выбор оборудования	X
Типы оборудования	Оборудование
 Ф Бойлеры	Модернизированная Турбина Т (2 бойлера)
\left Генераторные группы	пгу
➡ Коллекторы	Турбина К
Котлы	Турбина П
РОУ	Турбина ПТ
🧧 Топливо	Турбина ПТ (1 бойлер, электрические пучки)
< Турбины	Турбина ПТ (1 бойлер)
	Турбина ПТ (2 бойлера, электрические пучки)
	Турбина ПТ (2 бойлера)
Характеристики	Турбина ПТ (электрические пучки)
СТ	Турбина Р
ХТГЗ	Турбина Т (1 бойлер, электрические пучки)
XMasyr?rnd=5333	Турбина Т (1 бойлер)
XTF1	Турбина Т (2 бойлера, электрические пучки)
ХКо_вых	Турбина Т (2 бойлера)
ХКо_вх	
XFF?rnd=3915	
ХГаз?rnd=2603	
XKA?rnd=6272	
XKo?rnd=8489	
#	1

Тепловая схема ТЭС (2 / 2)



5

Задание нормативных характеристик оборудования

Каждая единица оборудования может иметь свою характеристику

Разные единицы оборудования могут использовать общую характеристику

Характеристику для новой единицы оборудования можно создавать, на основе характеристики другой единицы оборудования

> Редактирование графиков в составе характеристики МОДЕЛЬ

СЕРВИС



Добавление параметров

Состав параметров в характеристике пользователь может неограниченно расширять

В частности, могут добавляться экологические, экономические параметры, КРІ

Пользователем могут задаваться группы, в которые могут объединяться параметры. Например, можно создать группу «Экология»

По умолчанию заданы 2 группы:

- Все параметры
- Вводимые параметры

та _{т,}	Назначить характеристику	Раб пара	от аме	а со сг етров	пискої	М		
44	Редактировать параметры	🛃 Характеристика:	XTL1		×	ŋ		
	Редактировать графики	Параметры Группы параметров						
	Права поступа	Все параметры	Вводи	имые параметры	▲			
	права доступа	Имя		Ед. изм.				
	Формат	аqт_Gпв		ккал/(кВт*ч)				
******	тт.	аqт_Gпв_1ст		ккал/(кВт*ч)				
		аqт_Gпв_2ст		ккал/(кВт*ч)				
		аqт_Gпв_к		ккал/(кВт*ч)				
		аqт_Gпв_конд		ккал/(кВт*ч)				
		аат рО		%				

Все параметры	Вводимые параметры		1
Имя		Ед. изм.	
аqт_Gпв	ккал/(кВт*ч)		
аqт_Gпв_1ст	ккал/(кВт*ч)		
аqт_Gпв_2ст	ккал/(кВт*ч)		
аqт_Gпв_к	ккал/(кВт*ч)		
аqт_Gпв_конд	ккал/(кВт*ч)		
аqт_р0	%		=
аqт_р2	%		
аqт_р2_конд	%		
аqт_p2_ф	%		
аqт_p2_фик	%		
aqr_t0	%		
aqr_tns	ккал/(кВт*ч)		
aqт_tпв_1ст	ккал/(кВт*ч)		
aqт_tпв_2ст	ккал/(кВт*ч)		
aqт_tпв_конд	%		
аqт_0БР	ккал/(кВт*ч)		
аqт_ОБР_1ст	ккал/(кВт*ч)		
аqт_ОБР_2ст	ккал/(кВт*ч)		
аqт_ОТКЛ	%		-
A OTKE KOUR	lov		Ľ.
•			



Конструктор параметров. Общее описание (1 / 2)

Описание параметра включает:

- Имя
- Точность
- Единицы измерения
- Описание
- Модификатор (конструктор способов расчёта параметра)
- Уставки (ограничения сверху и снизу). Уставки могут рассчитываться динамически (в зависимости от значений других параметров)

Редактор параметров

Редактор пар	раметров: ТГ1.q	т				X
Команды Ная	зигация					
\leftarrow						
Им	IЯ: QT	0.00	Един	ица измерения: кка	ал/(кВт*ч)	•
		0.00				
Значение уде.	пьного расхода	тепла брутт(о на турбоаг	регат на производс	тво электроэне;	ргии
Модификато	р (способ полу	чения значе	ния)			
\$self.STATE	\$st.arperaция	\$st.tay_кал	\$st.оптим	Выра	жение	
0				0		
	1	>24	0	INTEGR_AVG(QT,3)) T_1ct*Э1ct+ot	2
		- 24	0	Saraph		<u> </u>
· 論 • 任 1	1 🔹 🕫					.
Ограничение	снизу					
0						-
Ограничение	сверху					
0						•
Использов	ать в расчетах					
И Рассчитые	ать при оптими	зации				
					ОК От	мена

Конструктор параметров. Общее описание (2 / 2)

Конструктор параметров обеспечивает навигацию для перехода:

- В конструктор параметров, зависящих от текущего параметра
- В конструктор параметров, зависимых от текущего параметра
- На график параметра

Зависимости параметров определяются через формулы для их расчёта

Навигация по зависимым параметрам

У Редактор п	араметров: ТГ1.q	т			X			
Команды На	авигация							
на за им Гр Точно	ависимые парал спользуемые па рафик сты:	иетры ираметры 0.00	ТГ1.dqт_p2 ТГ1.dqт_OTł ТГ1.dQэОтр ТГ1.op ТГ1.op_ac	кл	змерения: ккал/(кВт*ч) 🔻			
Описание Значение уд	ельного расхода	тепла брут	ТГ1.qт ТГ1.qт_ном		на производство электроэнергии			
Модификат	ор (способ полу	чения значе	ния)					
\$self.STATE	E \$st.arperация	\$st.tay_кал	\$st.оптим		Выражение			
	1	>24 >24	0	0 INTE (qt_ Sora	EGR_AVG(qт,Э) конд*Эконд+qт_1ст*Э1ст+qт_2			
Сграничени 0 Ограничени 0 ✓ Использо ✓ Рассчить	 Снизу е снизу е сверху в расчетах вать в расчетах]			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
					ОК Отмена			



О модификаторе

Модификатор позволяет задать всю совокупность способов расчёта параметра в зависимости от значений других параметров модели. Например,

- Способы расчёта параметра по физическому и пропорциональному методам (метод определяется по значению связанного параметра)
- Способы расчёта параметра для мгновенного и агрегационного режимов
- Способы расчёта параметра по прямому и по обратному балансам
- Любые другие варианты расчёта



Пример модификатора для qт

- 1	Модификатор (способ получения значения)										
	\$self.STA	\$st.arperau	\$st.tay_кал	\$st.оптимиза	Выражение						
()				0						
		1	>24		INTEGR_AVG(qt, 3)						
			>24	0	(qт_конд*Эконд+qт_1ст*Э1ст+qт_2ст*Э2ст)/Э						
					\$graph						
						-					
	å ≈ €	1 1 🚠	₩								

Если состояние оборудования «выключено», то значение 0

Иначе, если выполняется расчёт агрегационного режима и значение общестанционного параметра tay_кап > 24, то использовать формулу INTEGR_AVG(qт,Э)

Иначе, если значение общестанционного параметра tay_кап > 24 и не выполняется оптимизация, то использовать формулу (qт_конд*Эконд+qт_1ст*Э1ст+qт_2ст*Э2ст)/Э

Иначе использовать график



Редактор формул в составе модификатора

Модификат	ор (способ п	олучения значения) —				
\$self.STA	\$st.arperaц	\$st.tay_кал	\$st.оптимиза	Выражение		
0				0		
	1	>24		INTEGR_AVG(qt, 9)		
		>24	0	(qт_конд*Эконд+qт_1ст*Э1ст+qт_2ст*Э2ст		
				\$graph		
				(qт_конд*Эконд+qт_1ст*Э1ст+qт	_2ct*	*3

При редактировании формулы в составе модификатора пользователь имеет возможность через меню выбирать необходимые ему параметры, функции и графики

При редактировании состава логических условий в составе модификатора пользователь использует графическую панель инструментов



Задается графико





Использование модификатора в расчётах

При расчёте энергетического режима система подсвечивает ту ветку расчёта, по которой производился расчёт каждого параметра

При отладке расчёта доступны значения всех связанных параметров для текущего параметра, рассчитанные для интересующего режима



молель

Значение qm в конкретном режиме ⊿ ⊠ 🛅 Параметры: ТГ4 Все параметры Вводимые параметры Имя Ед. изм. Фактически.. -0.00 <u>ψ_</u>ψ 🔄 г кал -6.52 0вп 🗌 Гкал Qинд_сн Гкал 0.0 -6.52Qot 🗌 Гкал 0.0 Гкал **Qпуск** -6.52 Гкал Qcp ккал/(кВт*ч) 2194.94 - VKAR/(VPTXU) 0.0 qT_1__ qт_1 Имя: qт Ед. изм.: ккал/(кВт*ч) Точность: 2 Описание: Значение удельного расхода тепла брутто на турбоагрегат на производство электроэнергии

Значение определено по графику

Имя: от	r	Единица и	змерения: ккал/(кВт*ч) 🔻					
Точность:	0.00	Текущее	значение: 2194.9	4 (2224.66))				
Описание									
Значение удельного расхода тепла брутто на турбоагрегат на производство электроэнергии									
\$self.STATE	\$st.arperaция	\$st.tay_кал	\$st.оптимизация	Выраж					
0				0 4	*				
	1	>24		INTEG					
		>24	0	(qт_кон					
				\$graph					

Верификация модели

Верификация модели обеспечивает:

- контроль ссылок на несуществующие параметры,
- синтаксический контроль формул

В ходе верификации выдаются предупреждающие сообщения о неиспользуемых элементах модели



Контроль циклических зависимостей осуществляется непосредственно при выполнении расчётов режимов

🛕 09:41 - График 'выключатель' параметра 'СТ.а_ух' не используется. Операция: верификация модели.

📤 09:41 - График 'dqт_ОБР' параметра 'ХТГЗ.аqт_ОБР' не используется. Операция: верификация модели.



Примеры расширения модели силами пользователей

- Добавление в модель параметров для учёта пусков/остановов, анализ пусков/остановов
- Описание в модели ТЭП химцеха
- Моделирование электрической схемы ТЭС для визуализации и расчёта электрических режимов
- Расчёт ТЭП в части экологии
- Расчёт КРІ НСС по результатам анализа соблюдения системной рекомендации по оперативному ведению режима



Ещё о модели ТЭС

Модель ТЭС может быть экспортирована в файл и загружена в другой экземпляр системы, использующий, например, СУБД другого производителя

Модель ТЭС – единый универсальный механизм, используемый как для определения поведения системы для пользователей (определение правил расчёта ТЭП) так и для внутренних нужд системы (определение критерия оптимизации, определение ступеней ценовой заявки)

Модель обеспечивает высокое быстродействие расчётов при минимуме аппаратных ресурсов:

- Расчёт ТЭП в темпе процесса (дискрет поступления данных 1 минута)
- Построение оптимального энергетического режима в темпе процесса
- Ресурсы, достаточные для обработки одной ТЭС, 12 Гб оперативной памяти (для СУБД и сервера приложений)

С использованием модуля отчетности модель может быть выгружена в файл Excel в виде совокупности параметров и формул для их расчёта



Историчность модели ТЭС

Модель исторична, версии модели могут создаваться пользователями с необходимыми полномочиями

Расширение набора параметров в модели не влечёт автоматическое создание новой версии модели

Создание новой версии оправдано при пересмотре НТД, при решении задач имитационного моделирования

Любой энергетический режим можно посчитать для различных версий модели

Только одна версия модели является «текущей» по этой модели производится расчёт фактического режима

Чтобы сделать версию модели текущей необходимы полномочия

МОЛЕЛЬ

СЕРВИС

В левом верхнем углу версии модели



Определение поправок для приближения нормативных ТЭП к фактическим

Технолог может:

- Задать набор ТЭП для которых будут рассчитаны поправки
- Задать набор режимов, на основании которых будут рассчитаны поправки

Система произведёт автоматический расчёт поправок и сохранит их в модели

Инициирование расчёта поправок





Использование модели для отображения данных о режиме

Внизу – ряд режимов с выбранным подмножеством режимов.

На схеме – состояние, соответствующее ряду.

CE

При просмотре параметров оборудования отображаются рассчитанные значения параметров из всех выбранных режимов ряда

ово Свердловская	тэц	FF1		ГГ2			Га	Все параметры: П	3 BB	одимые парамет	ры							
							Maa	Имя	۲	Елизм	2016 dbu3#1	2016 du3#2	2016 dua#3	2016 dua#4	2016 du3#5	2016 физ#6		_
								адт рО		%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	
				1				agr t0		%	0.0	0.75	0.7	0.0	0.65	0.0	1	
								agt tns		ккал/(кВт*ч)	1.04	1.05	1.02	1.29	1.25	1.29	1	
		_		L				aqT_05P		ккал/(кВт*ч)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1	
	Dhan = 0.0	(0.97)	Dha		Dhan -	0 97 (0 97		aqr_pec		ккал/(кВт*ч)	-0.85	-0.85	-0.85	-0.85	-0.85	-0.85	1	
1811 = 0.0 (-0.87)	Dilen - 0.0	(-0.07)	17	A 2	Union -	-0.07 (-0.07	4	аqт_фик		безразмерная]	
KAT	KAZ			AJ	NA4			dB_p0		тут								
								dB_p0_ч		неизвестная	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
								dB_t0		гут							4	
								dB_t0_ч		неизвестная	0.0	15424.19	14499.05	0.0	13743.55	0.0	4	
								dB_tns		тут							-	
								DEC_SPEED		ИВт/мин	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	
								01			550.5	549.5	554.09	553.87	548.97	546.58	-	
								dN_06P		MBT	-1.86	-1.8/	-2.43	-2.53	-1.86	-1.5/	4	
										квт*ч/пкал	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.71	4	
								аат_тпв		ккал/(квт^ч)	-0.24	0.08	0.18	0.13	-0.31	0.29	4	
								ddi_BB		KKAJI/(KBT*4)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
										KKAJI/(KBT*4)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	
	i i i		-		-						0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4	
OEP = -11.2 (-17.91)	aqT_OBP = (0.0 (0.0)	aqt_C	OBP = 0.0 (0.0)	аqт_ОБ	P = -17.02 (-	17.34) a			кал/(кы-ч) Екал/ц	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	
_pec = -0.25 (-0.25)	aqt_pec = 0	.0 (0.0)	аqт_р	ec = -0.85 (-0.85)	aqt_pec	= -0.25 (-0.3	25) a	d020TD		Гиал	1185 07	1223 55	1150 7	1266 63	1338 14	1372 56	-	
			1	1254			-	dt ncr1		r c	1105.07	1225.55	1150.7	1200.05	1550.14	1572.50	-	
		1.						dt ncr2		- C								
��¢I	∩⊅⊅ı	釵	_ 1		. ⊪	₽\$Q_		G кб		с Т/Ч	145.75	149.45	147.92	158.37	158.63	160.68	1	
CICTEMA	1	CICICITE	EMA	PEREN	4		ACTEMA PEFEH	G сет0Б	—	т/ч	4345.42	4507.92	4490.83	4434.58	4313.12	4296.04	1	
	' 4		Τ'		-	4 -	-T	Go		г	8489.01	8994.39	8664.75	9089.07	9237.63	9657.73	1	
			- I.					Go_бал		г	5992.2	6273.1	5787.1	6976.61	10459.92	7121.46	1	
								Go_исх		г	8376.23	8834.64	8542.7	8909.51	9140.1	9595.34	-	
								60 804		τ/u	/12 00	122 55	122 5/	/51 18	117 2	451 84	1	_
								l										
						-			-		_						_	_
											*							-
6_физ																		
		_	_	_	_				_									_
2 3	4	5	6	7 8	9	10	11	12 13	14	15 1	6 17	18 19	20 21	22 2	3 24	25 26	27	28
																		_
	_								_									_

Использование шаблонов для работы с ТЭП (1 / 2)

- Шаблон для работы с параметрами обеспечивает создание именованных подмножеств данных для ввода и отображения значений ТЭП
- Шаблоны создаются пользователями

СЕРВИ

- В любой шаблон могут быть • отображены данные из заданного пользователем набора режимов
- Шаблон может отображаться в • табличном и графическом виде

Пример шаблона с данными

Скрыть нередактируемые строки Поиск:								
Параметр	1	2	3	4	5	6		
TГ3.tконд	35.5	34.5	34.3	45.8	45.8	45.8		
ТГЗ.t_отр_п	62.8	33.5	61.3	66.8	66.8	66.8		
ТГЗ.tпнд4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
ТГЗ.Gпв	7020.0	7080.0	6295.2	8884.8	8884.8	8884.8		
ТГЗ.рт_в	0.96	0.97	0.94	1.18	1.18	1.18		
тгз.пвд	Вкл	Вкл	Вкл	Вкл	Вкл	Вкл		
ТГЗ.tay_раб_пвд	24.0	24.0	24.0 24.0		24.0	24.0		
ТГЗ.tay_раб_пэн	24.0	24.0	24.0 24.0		24.0	24.0		
ТГЗ.tay_раб_пэнб	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0		
TF3.to6	52.94	53.58	52.65	51.1	52.15	52.27		
TF3.tnp1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
TF3.tnp	83.65	84.62	80.11	79.65	84.56	86.95		
2016_физ								
1 2 3	4 5	6	7 8	9 1	10 11	12 13		

ГЗ.tконд ТГЗ.t_отр_п 3начение параметра 20 00 00 00 40 T3.to6 TF3.tnp 4 man 5-мар Лата пежима Отобразить выделенные Отобразить все 2016_физ

Этот же шаблон в виде графиков

Использование шаблонов для работы с ТЭП (2 / 2)

Примеры шаблонов:

- Данные по турбинному цеху
- Данные по котельному цеху
- Удельные расходы

На шаблоны могут назначаться права доступа

Внутри шаблонов доступна информация о способе расчёта любого параметра в виде подсвеченной строки модификатора

Настройка шаблона пользователем

E	🗗 Редактор шаблона "ТГЗ"										
	Параметры										
	Оборуд.	0									
	тгз	tконд		~							
	тгз	t_отр_п		V							
	тгз	tпнд4									
	тгз	бпв									
	тгз	рт_в									
	тгз	ПВД			•						
	ТГЗ	tay_раб_пвд			1-9						
	ТГЗ	tay_раб_пэн									
	TF3	tay_раб_пэнб			9-1						
	TF3	t00									
	113	tnp1			26						
	11.3	тпр		V							
					26						
	🗌 Отобр	ажать по умолчані	ию на і	графике							
		ОК		Отмена							



Аудит изменений модели

- Любые изменения в модели
 ТЭС отражаются в аудите системных событий
- Аудит даёт полную информацию о том, когда, кем и какие параметры модели модифицировались
- Аудит позволяет фильтровать события по типам, датам, пользователям и другой информации







Антон Меленцов

Генеральный директор ООО «Сервис–модель» <u>a.melentsov@servicemodel.ru</u> <u>www.servicemodel.ru</u> +7 (922) 203–43–04

