

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПУСКА ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК И НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ РАСХОЛАЖИВАНИЯ ТУРБИН**

**Канд. техн. наук, доц. БАЛАБАНОВИЧ В. К.**

*Белорусская государственная политехническая академия*

Пуск турбин на неблочных электростанциях по заводской технологии свежим паром номинальных параметров отличается низкой надежностью и экономичностью. Низкая надежность обусловлена большой разностью температур пара и металла цилиндра высокого давления (ЦВД) турбины и связанными с этим значительными напряжениями в металле корпуса, фланцах и шпильках, особенно при пусках из холодного состояния. Критерии разности температур в контрольных точках, как правило, существенно превышаются, имеет место неравномерность прогрева цилиндра, перегрев его выхлопа вследствие потребления мощности последними ступенями ЦВД, перегрев выхлопной части турбины вследствие работы ее части низкого давления (ЧНД) на малорасходных режимах, которым, кроме того, присущи значительные температурные напряжения в металле последней ступени и эрозия выходных кромок ее рабочих лопаток.

При наборе активной нагрузки возникают дополнительные напряжения в металле из-за изменения температур пара, связанных уже с повышением его расхода. Все это приводит к быстрому исчерпанию ресурса машин, пускаемых по заводской технологии свежим паром, отказам оборудования и значительным психологическим перегрузкам эксплуатационного персонала.

По новой технологии предтолчковый прогрев турбины осуществляется паром 1,29 МПа, подачей его в выхлоп ЦВД и паровпуск цилиндра низкого давления (ЦНД). Толчок ротора осуществляется увеличением подачи пара из коллектора 1,29 МПа в паровпуск ЦНД с быстрым за 10...15 минут повышением оборотов ротора до номинальной величины и синхронизацией генератора без какой-либо задержки [1]. Нагрузением ЦНД турбины стабилизируется температура его выхлопа, а ЦВД при этом прогревается противоточным потоком пара, отводимым через его дренажи спереди. Противоточный прогрев ЦВД продолжается до достижения в его проточной части температурного состояния, соответствующего таковому на номинальной политропе или близкого к нему. По окончании прогрева ЦВД дальнейшее нагружение турбины производится подачей свежего пара в паровпуск ЦВД, т. е. обычным образом. Результаты сравнения пуска по новой технологии с пуском по штатной — свежим паром приводятся на рис. 1, анализ которого подтверждает преимущества новой технологии пуска турбины ПТ-60-130/13 с прогревом ЦВД в моторном режиме.

Новая технология пуска турбины позволяет сократить его общую продолжительность (рис. 2). Так, подача низкопотенциального пара в паровпуск ЦНД обеспечивает выход на номинальную частоту вращения за 10...15 минут при оптимальных значениях всех критериев пуска, в то время как при пуске свежим паром номинальных параметров подачей его в паровпуск ЦВД этот этап затягивается до 1,5...2,0 часов при одно-

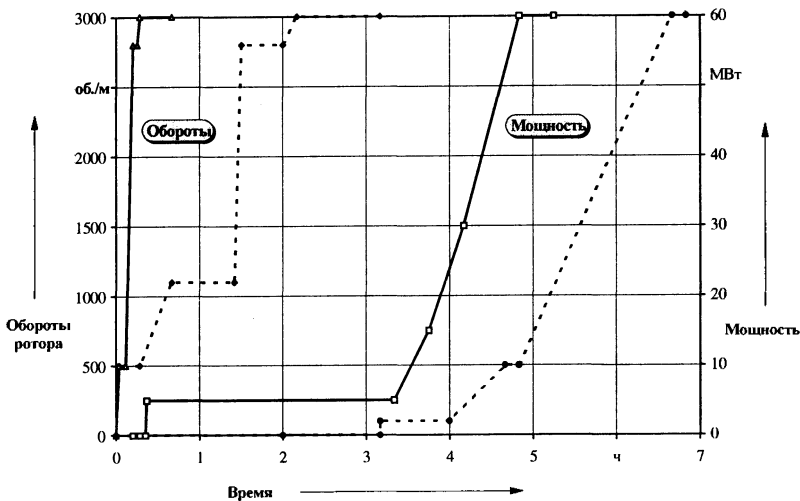


Рис. 1. Сравнение пусковых графиков-заданий ПОТ ЛМЗ и новой технологии для турбины ПТ-60-130/13: ---- — пуск свежим паром; — с прогревом ЦВД в моторном режиме

временно больших разностях температур пара и металла, особенно в ЦВД и, естественно, при больших напряжениях в наиболее уязвимых его элементах. Прогрев ЦВД в моторном режиме благоприятствует соблюдению оптимальных значений критериев надежности при одновременно высокой интенсивности прогрева турбины.

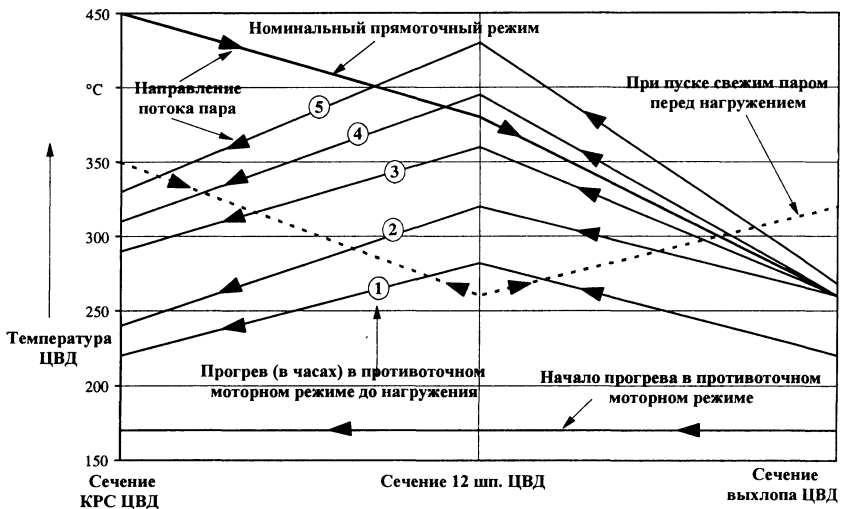


Рис. 2. Температура ЦВД турбины ПТ-60-130/13 при пуске по новой технологии

К концу такого прогрева обеспечивается наиболее оптимальное распределение температур металла в проточной части высокого давления, что, в свою очередь, приводит к щадящему режиму при переводе ЦВД в режим нагружения турбины свежим паром. Одновременно исключаются крайне неприятные малорасходные режимы в ЦВД на протяжении всего пуска, что повышает надежность работы последней ступени турбины, исключается перегрев ее выхлопной части, практически снимает

ся обычная при пусках по заводской технологии проблема относительных расширений ротора, а также исключается эрозионный износ выходных кромок рабочих лопаток последней ступени турбины. Существенно снижаются психологические нагрузки на эксплуатационный персонал вследствие значительного сокращения общего времени пуска, простоты выдерживания практически всех пусковых критериев на низком уровне и упрощения технологии самого процесса. Совмещение прогрева ЦВД в моторном режиме с активной работой ЦНД дополнительно сокращает пусковые потери, так как выработка мощности турбиной начинается практически сразу же после синхронизации генератора подачей низкотенциального пара в ЦНД. Разработанная новая технология пуска турбин, являясь универсальной для любых их исходных тепловых состояний, в то же время легко может быть перенесена на более мощные машины. Результаты отработки новой технологии пуска турбины ПТ-60-130/13 обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели пуска ПТ-60-130/13 из холодного состояния по новой технологии

Основная пусковая операция	Продолжительность, ч
Прогрев ЦВД и перепускных труб ЦНД паром 1,29 МПа из коллектора собственных нужд	0,5
Толчок ротора подачей пара 1,29 МПа из коллектора собственных нужд в ЦНД с выдержкой на 500 об./мин для прослушивания	0,17
Повышение частоты вращения ротора до номинальной	0,17
Холостой ход, синхронизация, включение генератора в сеть	0,12
Прогрев ЦВД в моторном режиме	3,0
Перевод ЦВД на прямоток подачи в турбину свежего пара	0,25
Нагружение турбины до номинальной мощности	1,0
Общая продолжительность пуска	5,17

Диаграмма пусков турбины ПТ-60-130/13 по новой технологии из холодного и неостывшего состояний приведена на рис. 3.

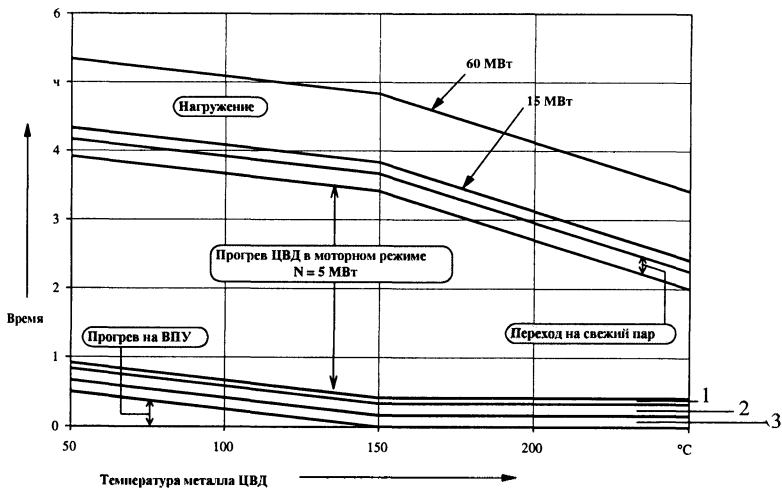


Рис. 3. Диаграмма пуска турбины ПТ-60-130/13 по новой технологии с прогревом ЦВД в моторном режиме: 1 — холостой ход, синхронизация; 2 — разворот до 3000 об./мин; 3 — толчок, 500 об./мин

Анализ этих результатов убедительно подтверждает преимущества новой технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок (ТПТУ). Отметим также простоту автоматизации режимов турбины, пускаемой по новой технологии.

Оценка технико-экономических результатов внедрения новой технологии пуска теплофикационных паротурбинных установок дала следующие результаты: общее сокращение времени пуска турбоустановки составило примерно 30 %, экономия топлива — около 0,15 т у. т. на 1 пуско/МВт мощности машины, экономия моторесурса пускаемой машины — до 45...55 %.

Функциональные возможности новой технологии позволяют применить ее и для расхолаживания турбин [2]. При этом последовательность операций — обратная пуску. Отработка режимов расхолаживания потребует проведения комплекса наладочных работ, основу которых составят приведенные выше результаты применения пусковой технологии, полученные на натуральных турбинах белорусских ТЭЦ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанович В. К. Совершенствование схем и режимов работы теплофикационных паротурбинных установок. — Мн.: ПолиБиг, 2000. — 188 с.
2. А. с. 1543102 (СССР). М.кл<sup>3</sup> F.01K 13/02/. Способ пуска турбин с противодавлением / Э. И. Кульков, В. К. Балабанович, А. М. Тарашук. № 4275427/24-06 // Бюл. изобр. — 1990. — № 6. — С. 147.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 30.05.2000

УДК 621.1.0.18

## КАЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО ПОСАДА ЗАГОТОВОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ

Инж. КАСНЕРИК Е. Н.

*Белорусская государственная политехническая академия*

В настоящее время применяются два основных способа обработки блюмов перед прокаткой после их разливки на МНЛЗ: холодным и горячим посадом. В первом случае блюм имеет температуру посада около 20 °С, во втором — 600...800 °С. Промежуточные значения температуры определяют процесс, называемый теплым посадом.

Целью настоящей работы является сравнение различных посадов с точки зрения экономичного расходования энергетических ресурсов и улучшения качества выпускаемой продукции. В работе выбран конкретный объект исследования, предложены критерии сравнительной оценки разных способов посада металлических блюмов в печь, приведены ре-