



СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ (САР) ТУРБОКОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ



ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

- Турбокомпрессоры с их приводными агрегатами (паровыми и газовыми турбинами или электродвигателями) являются одними из важнейших компонентов многих процессов.
- Большинство процессов, связанных с добычей нефти и газа, требуют компремирования газов.
- Среди них: сепарация попутных газов, газлифт и газоочистка.
- Компремирование газов является одним из основных компонентов нефтепереработки.
- Турбокомпрессоры широко применяются в установках:
 - каталитического крекинга
 - реформинга,
 - гидрокрекинга,
 - алкилирования,
 - производства масел, и т.д.



ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

- Широко применяются турбокомпрессоры и в нефтехимической промышленности.
- Производство этилена, аммиака, карбонидов и многих других продуктов нефтехимии немыслимы без компримирования газов.
- Выход из строя, даже кратковременный, одного из турбокомпрессоров может привести к тяжелой аварии и останову важного и дорогостоящего технологического процесса.
- Известны, например, случаи простоев процессов каталитического крекинга с потерей катализатора при помпажах воздушных компрессоров.
- Надежность турбомашин обеспечивает надежность технологических процессов, использующих компримирование газов.



ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

- В свою очередь, надежность и экономичность турбомашин зависят в существенной степени от работы систем их автоматического регулирования (САР).
- Между тем САР турбомашин, применяемых на территории бывшего СССР, являются их самым слабым звеном.
- В них плохо решены проблемы противопомпажного регулирования.
- Их многочисленные контуры регулирования плохо взаимодействуют друг с другом.
- Не решены в них и проблемы регулирования агрегатов, работающих в параллель.
- Быстродействие применяемых САР, их точность и надёжность - низкие.



ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

- Между тем, за пределами СНГ техника регулирования турбомашин за последние 15 лет шагнула далеко вперед.
- ССС является пионером в совершенствовании САР турбомашин, построенных на основе применения микропроцессорной техники.
- Системы ССС внедрены на тысячах агрегатов, работающих почти во всех странах мира.
- В том числе на многочисленных нефтеперерабатывающих и газоочистных заводах, нефтедобывающих платформах, этиленовых заводах и заводах удобрений.
- Модернизация САР турбокомпрессорных машин весьма актуальна и в России.



Основные Цели Модернизации Системы Автоматического Регулирования

- **Повышение Надежности Компрессоров и Процессов за счёт:**
 - предотвращения аварий турбин и компрессоров и
 - резкого сокращения, вплоть до полного устранения, аварийных остановов агрегатов
 - устранения помпажей и их последствий
 - минимизации технологических возмущений, связанных с избыточной рециркуляцией сжатого газа
 - Упрощения операций пуска и останова агрегата
- **Повышение Экономической Эффективности Компрессоров и Процессов за счёт обеспечения:**
 - высокой точности регулирования
 - эффективного распределения нагрузки между совместно работающими компрессорами
 - сокращения потерь энергии на рециркуляцию



КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ- НАИБОЛЕЕ ЁМКИЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ЭНЕРГИИ

Годовые Затраты Энергии на Один Компрессор

Мощность привода, Мвт	Потребляемая энергия, Квт/час	Затраты в год
1.0	8,760,000	\$ 438,000
5.0	43,800,000	\$ 2,190,000
25.0	2,190,000,000	\$10,950,000

**Стоимость электроэнергии принята
равной \$ 0.05 за 1 Квт/час
В большинстве европейских стран цена
за 1 Квт/час составляет от \$ 0.07 до \$ 0.12**



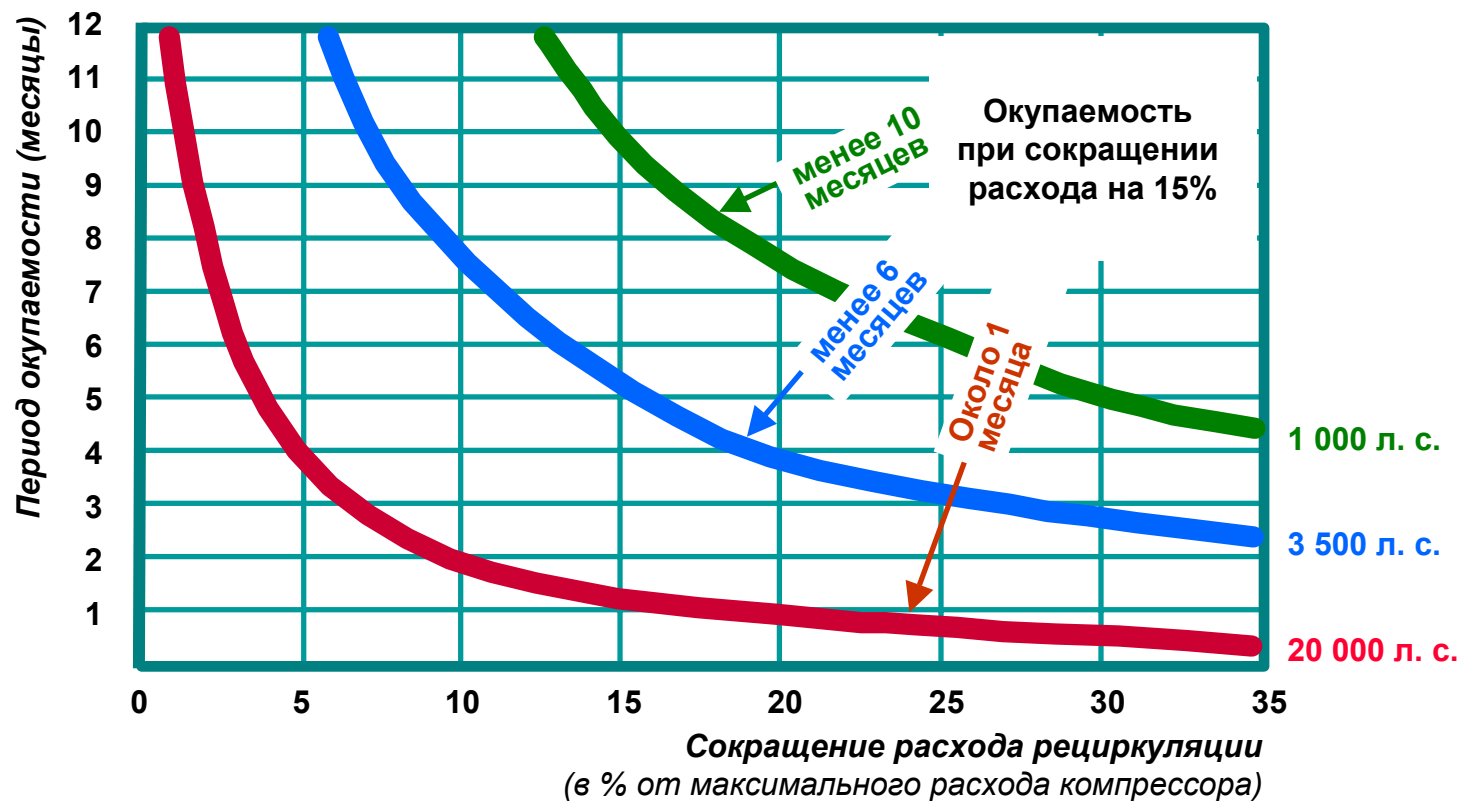
Цена простоя процесса из-за аварии компрессорного агрегата очень велика

- **Один час простоя установки каталитического крекинга нефти суточной производительностью 3000 тонн обходится на Западе в \$ 45,000 не включая других потерь связанных с ликвидацией причины останова**
- **Потери от останова нефтяной платформы составляют порядка \$288,000 в сутки**
- **Последствия аварийных остановов:**
 - **потеря доходов,**
 - **претензии и штрафы потребителей**
 - **затраты на ремонт**
 - **прочие проблемы**



Экономия электроэнергии от сокращения рециркуляции может быть очень большой

Окупаемость менее одного года* является типичной за счет сокращения расхода рециркуляции или сброса рабочей среды



* Предполагается, что стоимость энергозатрат электродвигателя составляет \$0.05 за кВт час или стоимость энергозатрат турбины составляет \$327 за л. с. в год. При расчете периода окупаемости налоговые отчисления не учитывались из-за их различия в разных странах.

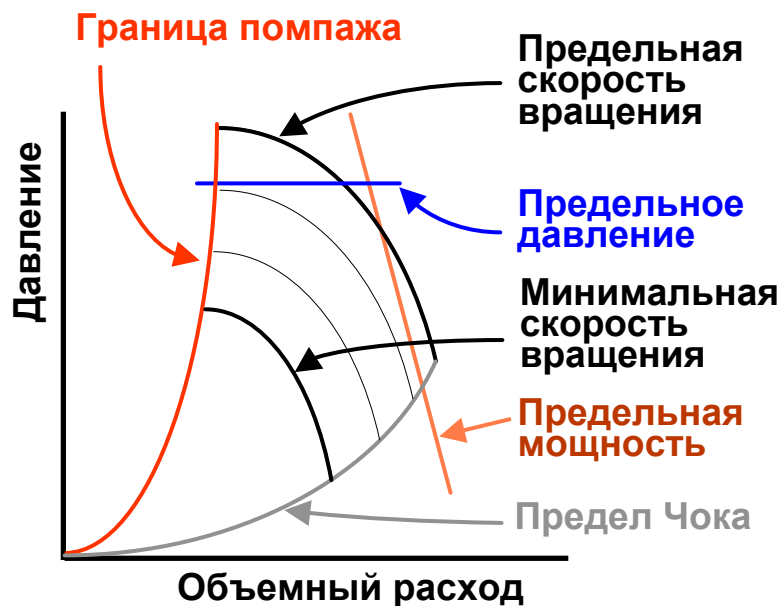


Затраты на ремонт оборудования велики

Стоимость Ремонтов

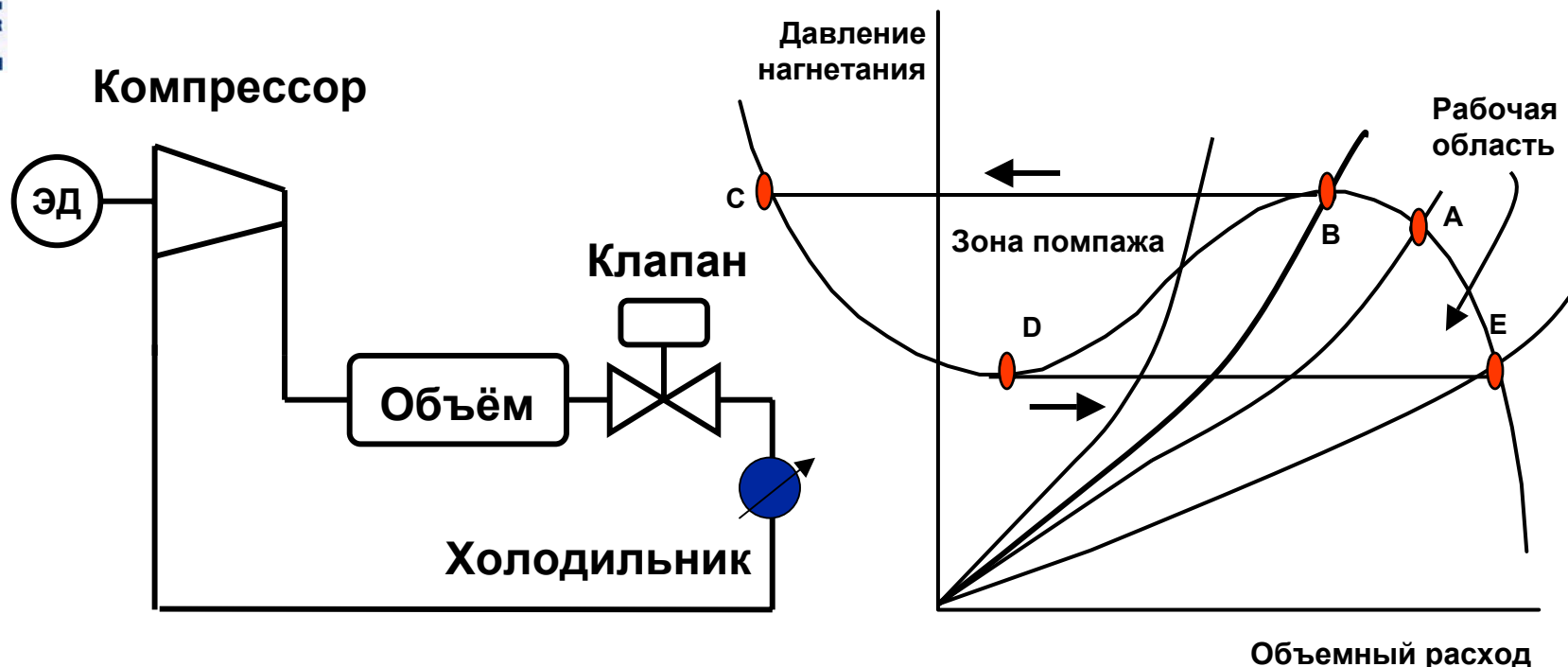
	Технологический Компрессор 2200 КВт	Осевой Воздушный Компрессор 15000 КВт
Уплотнения	\$ 20,000	\$ 50,000
Подшипники	\$ 10,000	\$ 25,000
Ротор в сборе	\$ 200,000	\$ 750,000

Характеристики Компрессора. Зона Устойчивой Работы



- Режим устойчивой работы компрессора ограничен
- Наиболее серьезными ограничениями являются:
 - граница помпажа
 - предельная мощность
 - предельное давление
 - предельная частота вращения
- Работать на линиях ограничения крайне опасно
- Обычно САР удерживает рабочую точку на безопасном расстоянии от этих линий, в зоне безопасной работы
- Одна из основных задач САР расширить границы зоны безопасной работы компрессора

МОДЕЛЬ ПОМПАЖА

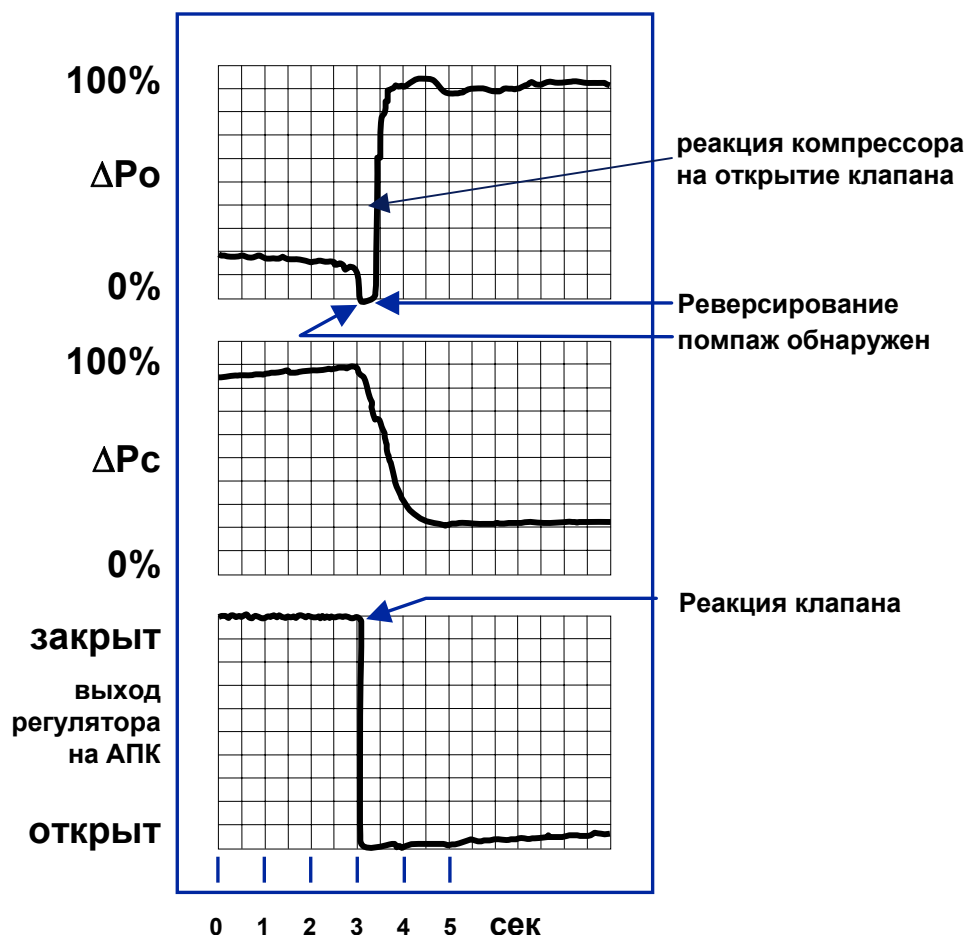


ПОМПАЖ СОПРОВОЖДАЕТСЯ:

- Периодическим резким падением расхода, приводящим к реверсированию потока
- Автоколебаниями расхода и давления с частотой помпажных циклов от 0.3 до 3 Гц
- Вибрацией компрессора
- Ростом температуры газа на всасывании
- Специфическим шумом

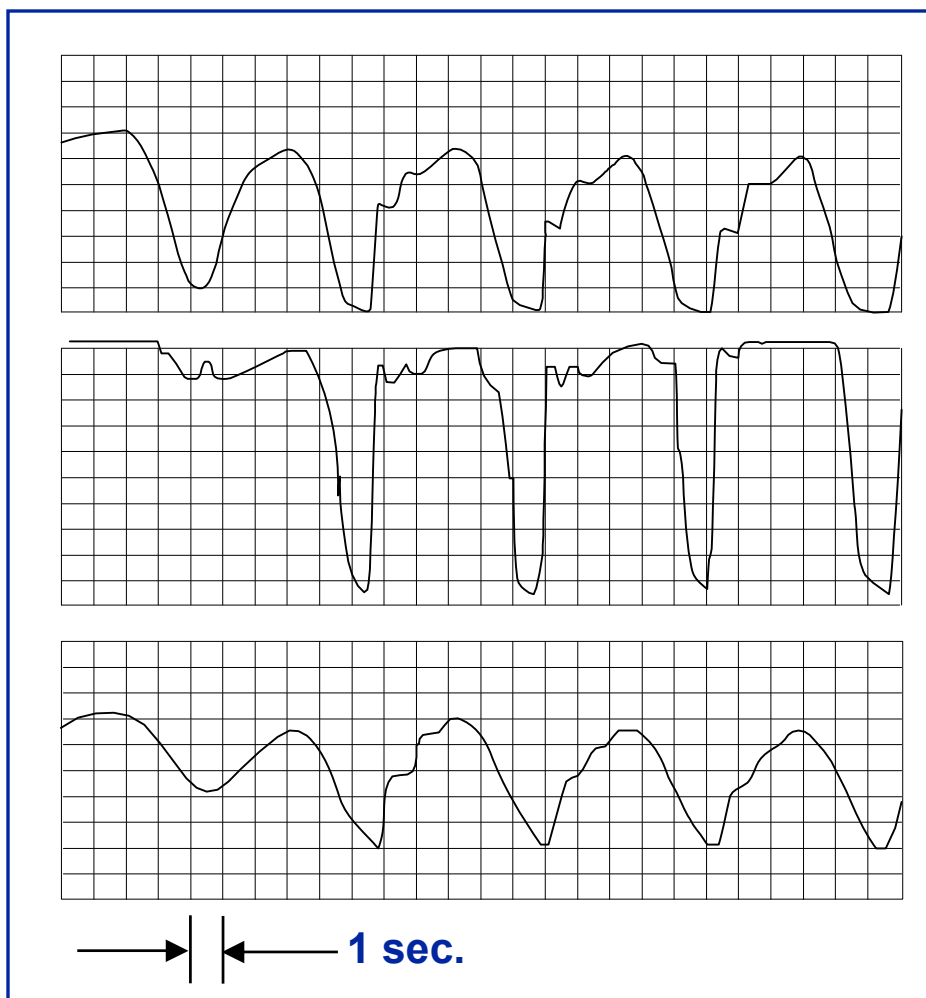
Картину помпажа легко проследить, тестируя компрессор

Тест компрессора природного газа



- **Время падения расхода до начала реверсирования потока - 50 мсек**
- **Помпаж выявлен и остановлен на первом хлопке**
- **Поток стабилизирован за 450 мсек**

Картина Помпажа Пропиленового Компрессора



Перепад давления на
диафрагме ΔP_o
во всасе 1-й ступени

Перепад давления на
диафрагме ΔP_o
во всасе 2-й ступени

Перепад давления на
диафрагме ΔP_o
в нагнетании



Характеристики и Возможные Последствия Помпажа

- **Нестабильность расхода и давления**
- **Резкие колебания потребляемой мощности, приводящие к усталости металла**
- **Возможен выход из строя и разрушение подшипников вала колеса**
- **Увеличение зазоров в уплотнениях**
- **Снижение КПД**
- **Сокращение межремонтного срока работы**



Ситуации, при которых Помпаж может возникнуть

- **Пуск компрессора**
- **Останов компрессора**
- **Работа на низких нагрузках**
- **Нестандартные режимы и ситуации**
 - **Изменения состава газа**
 - **Резкие технологические возмущения**
 - **Засорение фильтров**
 - **Неисправность обратного клапана**
 - **Самопроизвольное закрытие клапанов в нагнетании или всасывании или закрытие этих клапанов из-за ошибки оператора**
 - **Резкие изменения нагрузки**
 - **Неисправность холодильника**
 - **Неисправность привода**



ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ

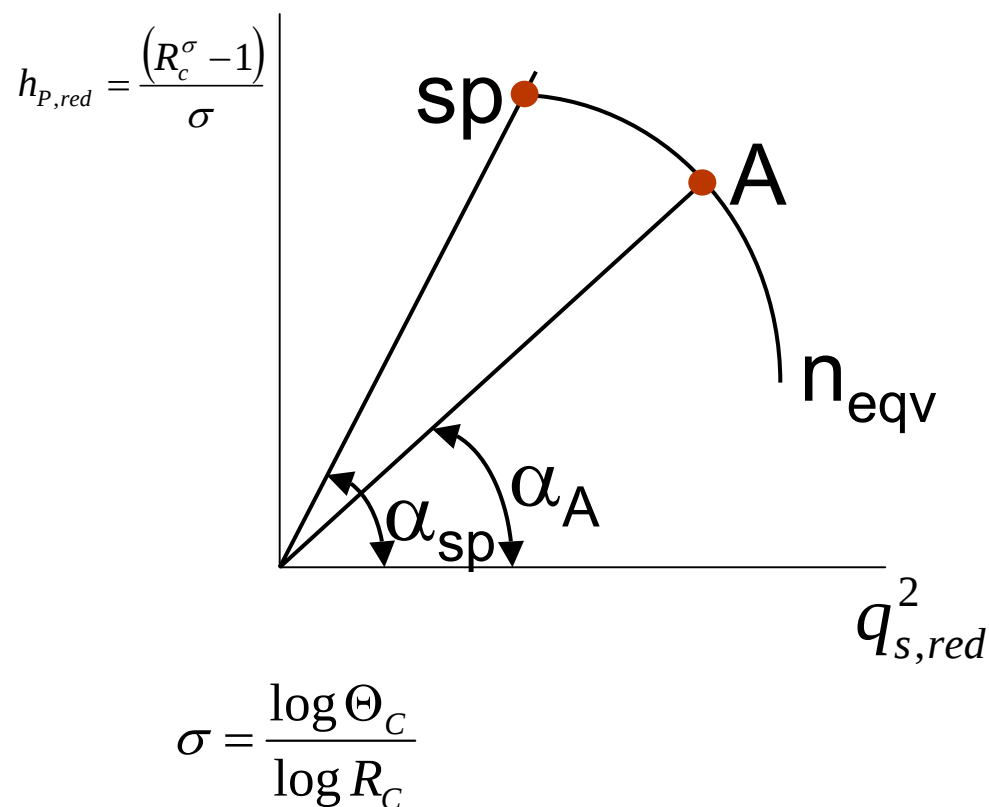
- До сих пор в странах СНГ в САР турбомашин повсеместно используются гидравлические, пневматические и аналоговые электронные ПИ и ПИД контуры регулирования.
- Применение этих контуров в системах регулирования турбокомпрессоров малоэффективно.
- Причины малой эффективности:
 - а) неспособность гидравлических, пневматических и даже аналоговых электронных приборов решать сложные нелинейные уравнения для определения расстояния рабочей точки до границы помпажа.
 - б) трудности адаптации САР к особенностям нелинейных характеристик турбокомпрессора.



Инвариантный Параметр Помпажа S_s

- Чтобы правильно оценить положение и характер границы помпажа, ССС ввёл в практику регулирования вычисление параметра помпажа S_s , используя для этого характеристики компрессора, построенные в инвариантных условиям всасывания координатах
- В качестве таких координат ССС рекомендует следующие параметры: сокращенный политропический напор $h_{p,red}$ и квадрат сокращенного объёмного расхода во всасывании $(q_{s,red})^2$.
- Относительный инвариантный параметр S_s равен 1 для каждой точки границы помпажа и поэтому он точно определяет её положение.
- Параметр S_s позволяет также определить отклонение “dev” рабочей точки от линии настройки контура противопомпажного регулирования.

ПРИВЕДЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПРЕССОРА, ПОСТРОЕННАЯ В ИНВАРИАНТНЫХ КООРДИНАТАХ



$$S_i = \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{h_{p,red,i}}{q_{s,red,i}^2}$$

$$S_{sp} = \operatorname{tg} \alpha_{sp} = \frac{1}{k} = \operatorname{const}$$

$$S_{s,A} = \frac{S_A}{S_{sp}} = \frac{k \cdot (R_c^\sigma - 1) / \sigma}{\Delta p_o / p_s}$$

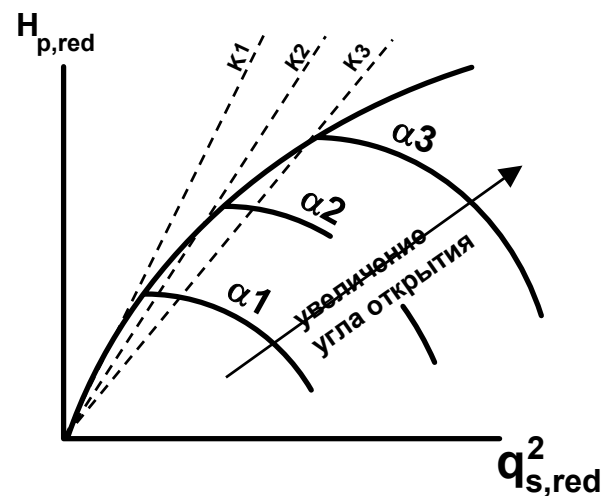
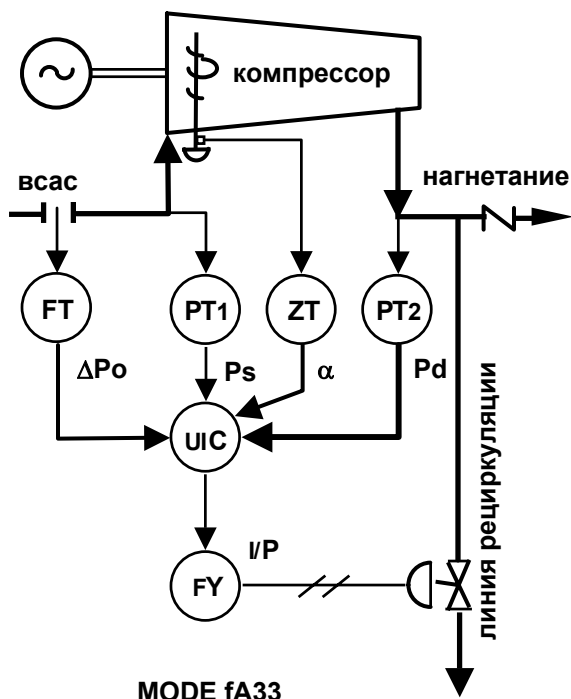
$$S_{S,sp} = \frac{S_{sp}}{S_{sp}} = 1$$

$$S_s = \frac{f\left(\frac{R_c^\sigma - 1}{\sigma}\right)}{\Delta p_o / p_s}$$

$$d = 1 - S_s$$

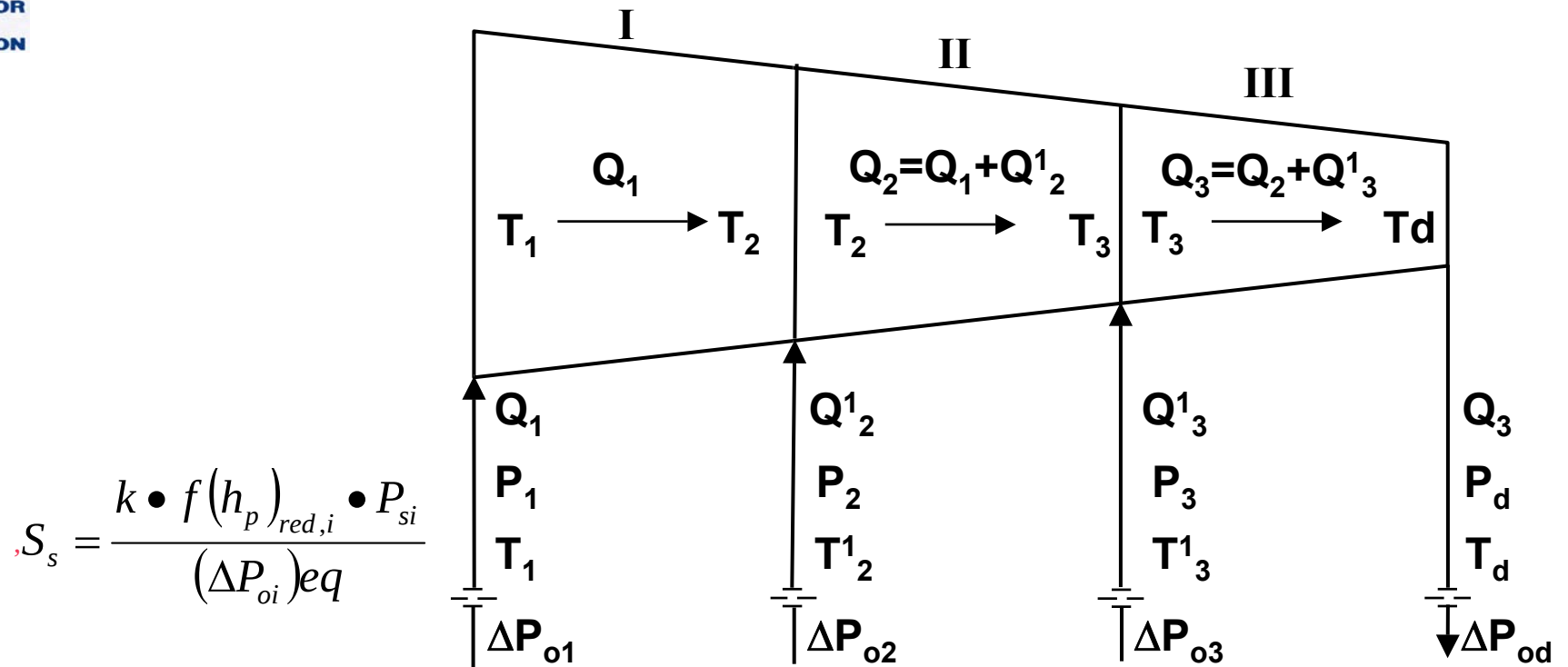
$$dev = d - b$$

Уравнение параметра помпажа для компрессора с направляющим аппаратом



$$S_s = \frac{K \cdot f_1(R_c) \cdot f_3(N) \cdot f_5(\alpha) \cdot P_s}{\Delta P_o}$$

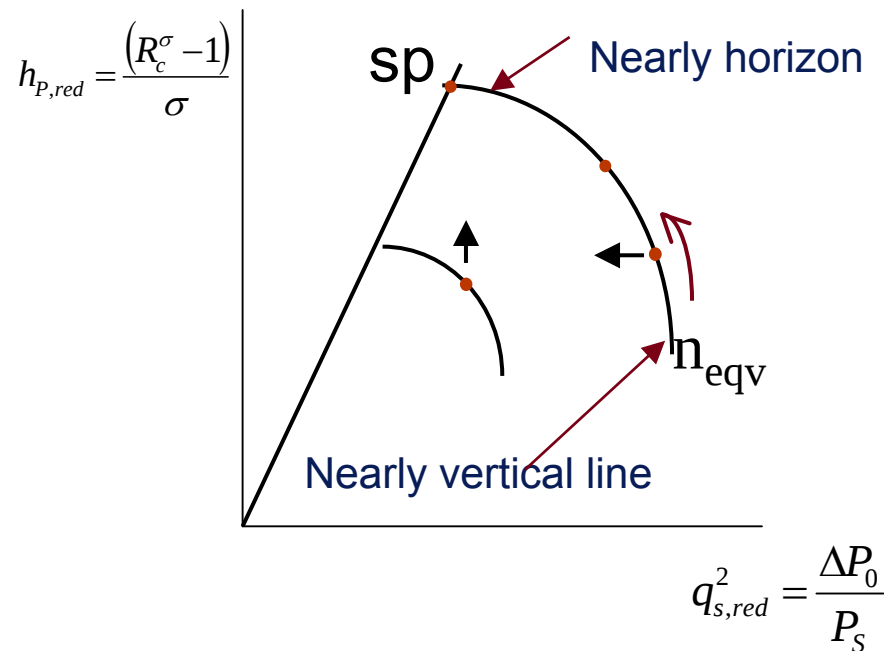
Уравнения параметра помпажа для компрессора с промежуточными подводами газа



$$(\Delta P_o)_{eq}, i = C_3 \cdot \Delta P_{O1} \cdot f(R_{C1}) + C_4 \cdot \Delta P_{os} + C_5 \cdot \sqrt{\Delta P_{O1} \cdot \Delta P_{os} \cdot f(R_{C1})}$$

$$(\Delta P_o)_{eqi} = C_3 \cdot \Delta P_{od} \cdot f\left(\frac{P_d}{P_{S3}}\right) + C_4 \cdot \Delta P_{os} - C_5 \cdot \sqrt{\Delta P_{od} \cdot \Delta P_{os} \cdot f\left(\frac{P_d}{P_{S3}}\right)}$$

УСКОРЕНИЕ РАБОЧЕЙ ТОЧКИ ПРИ ДВИЖЕНИИ К ПОМПАЖУ



- Хорошо известно, что из-за нелинейности характеристик компрессора его рабочая точка ускоряется, приближаясь к помпажу, независимо от того двигается ли она вдоль характеристики при неизменных оборотах или скорость вращения меняется под влиянием САР.
- Чтобы уменьшить расстояние между границей помпажа и линией настройки, САР должна учитывать влияние этого ускорения.



АЛГОРИТМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННЫЕ ССС

- **ПИ-контуры регулирования неспособны учитывать ускорение рабочей точки при её перемещении в направлении зоны помпажа.**
- **Фирма ССС разработала несколько очень эффективных алгоритмов, позволяющих учитывать это ускорение.**
- **Это позволило обеспечить весьма небольшие расстояния между границей помпажа и линией настройки контура противопомпажного регулирования на установившихся режимах работы компрессора.**



АЛГОРИТМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ, РАЗРАБОТАННЫЕ ССС

- Первый из этих алгоритмов предусматривает динамическое перемещение линии настройки контура противопомпажного регулирования. Линия настройки, согласно этому алгоритму, временно перемещается вправо, пропорционально ускорению рабочей точки при её движении к помпажу, а затем медленно возвращается в исходное положение.
- Описанный выше алгоритм базируется на переменном расстоянии между границей помпажа и линией настройки контура противопомпажного регулирования

$$b = b_{1,1} + b_{1,2}$$

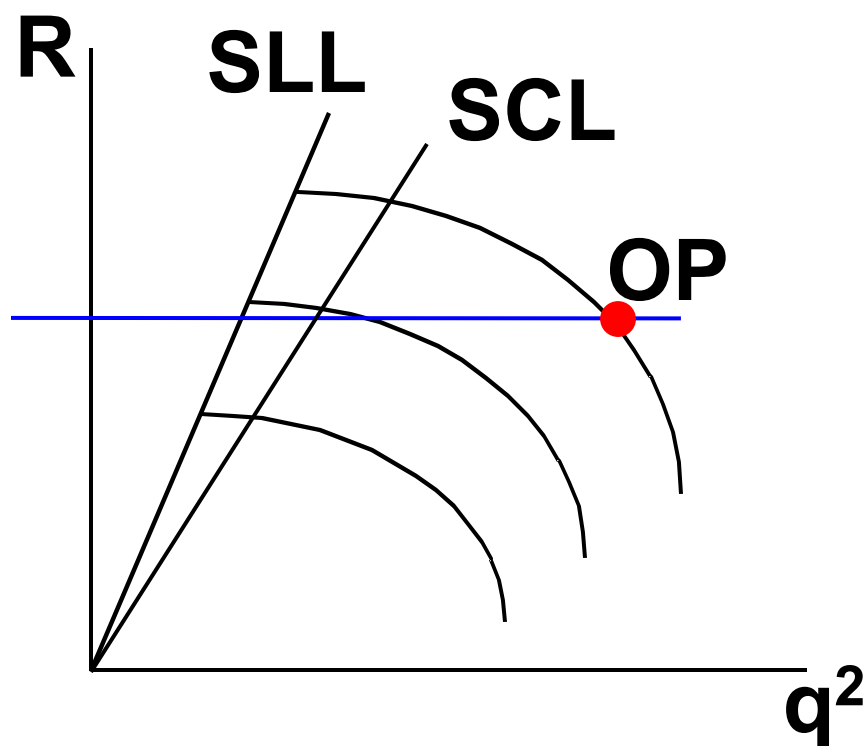
- Постоянная величина $b_{1,1}$ соответствует расстоянию b на всех установившихся режимах, а функция скорости приближения рабочей точки к помпажу $b_{1,2}$ вначале растёт пропорционально увеличению этой скорости, а после того как скорость падает до 0 -медленно уменьшается до нуля.



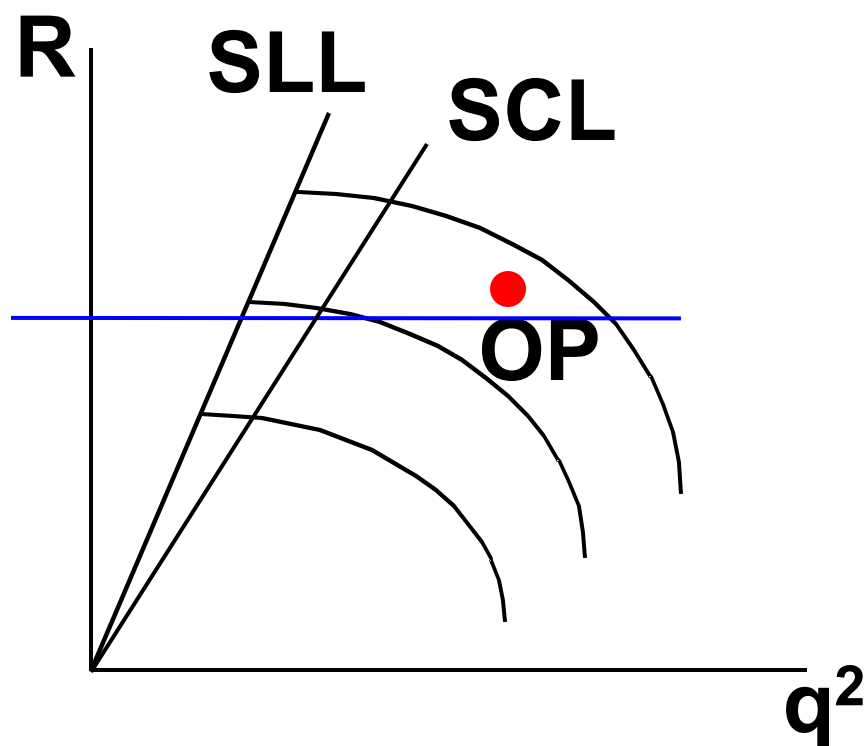
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

- Динамическое увеличение расстояния линии настройки контура противопомпажного регулирования до границы помпажа автоматически увеличивает коэффициент усиления этого контура при открытии клапана
- Увеличение коэффициента усиления полезно для защиты от помпажа всегда, даже тогда, когда рабочая точка находится левее линии настройки.
- Расстояние между линией настройки и границей помпажа автоматически меняется от сравнительно небольших значений на установившихся режимах до больших значений когда опасность пересечения рабочей точкой границы помпажа велика.

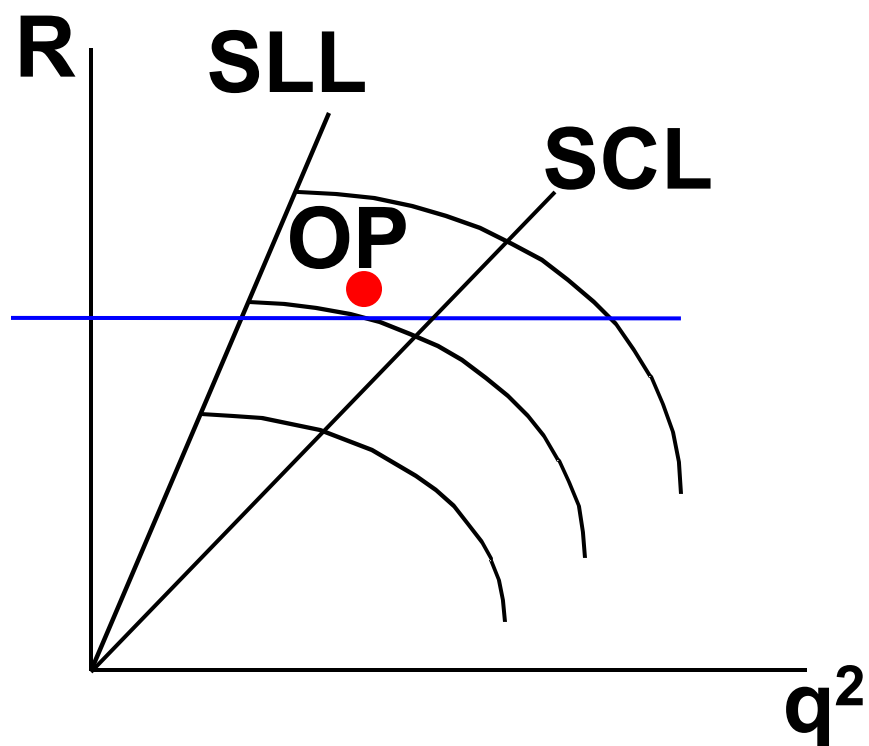
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



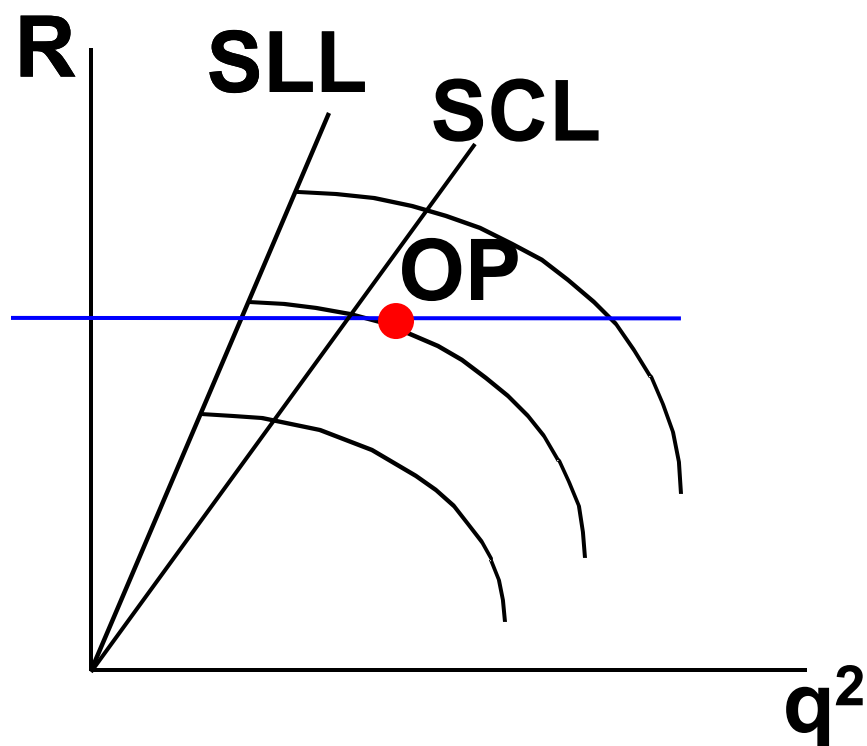
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



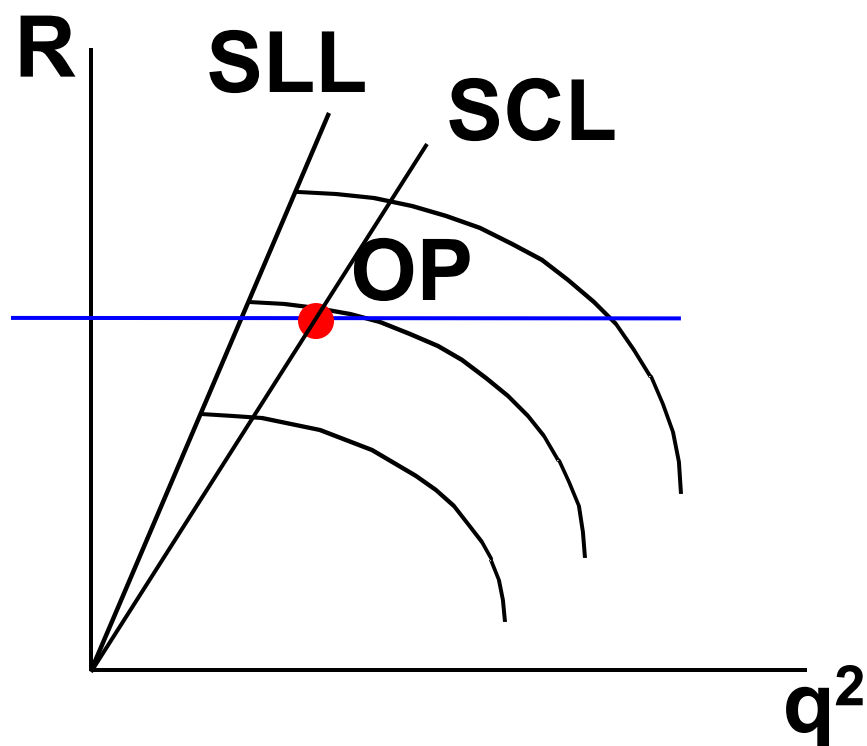
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ НАСТРОЙКИ КОНТУРА ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ





ЗАМКНУТЫЕ КОНТУРЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

- Когда изначально рабочая точка компрессора расположена на сравнительно небольшом расстоянии от помпажа замкнутые контуры регулирования могут оказаться и, в большинстве случаев, оказываются неспособными предотвратить помпаж.
- Причина этого - несоответствие высоких коэффициентов усиления, необходимых для эффективной защиты от помпажа, условиям устойчивости.
- Одной из попыток улучшить быстродействие замкнутых контуров регулирования без нарушения их устойчивости было применение контуров регулирования с, так называемым, асимметричным коэффициентом усиления - большим слева от линии настройки и меньшим справа от нее.
- Но и в этом случае величина коэффициента усиления ограничена.

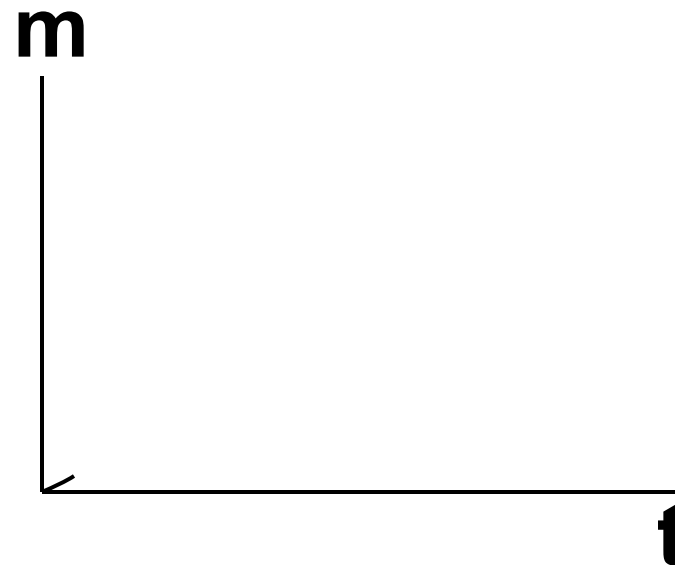


"RECYCLE TRIP"

- Только разомкнутый контур регулирования обеспечивает неограниченными условиями устойчивости высокий коэффициент усиления.
- ССС разработал алгоритм, объединивший замкнутый и разомкнутый контуры, известный под названием "Recycle Trip".
- Алгоритм "Recycle Trip" предусматривает релейного типа ступенчатое увеличение выходного сигнала контура противопомпажного регулирования после того, как рабочая точка компрессора пересекает, так называемую, "Recycle Trip Line".
- Величина каждой ступеньки выбирается автоматически, в зависимости от скорости приближения рабочей точки компрессора к помпажу - чем больше скорость, тем больше ступенька.
- Интервал во времени между ступеньками - постоянная, заранее выбираемая величина.
- Как только рабочая точка компрессора возвращается в зону безопасной работы, лежащую справа от линии настройки контура противопомпажного регулирования, суммарное ступенчатое увеличение выходного сигнала медленно возвращается к нулю.

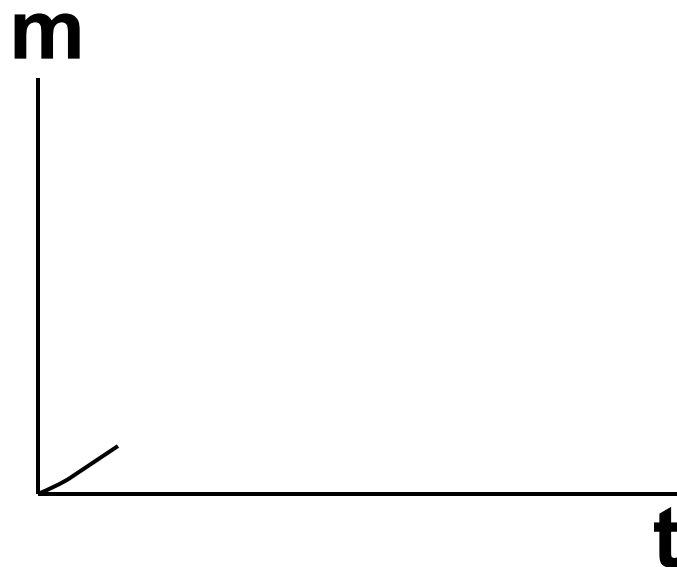
"RECYCLE TRIP"

m-opening of antisurge valve



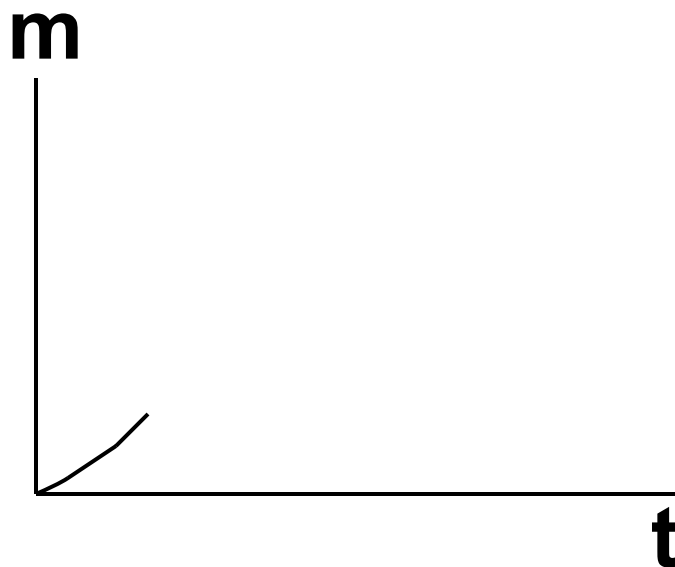


"RECYCLE TRIP"

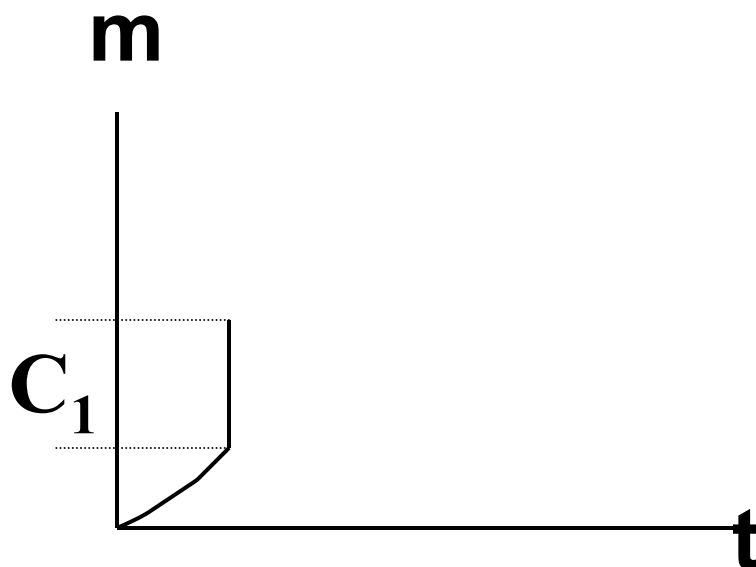




"RECYCLE TRIP"

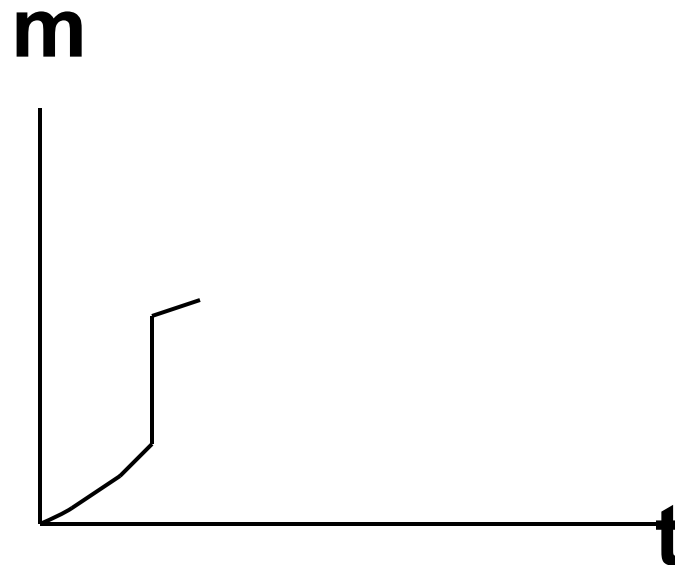


"RECYCLE TRIP"

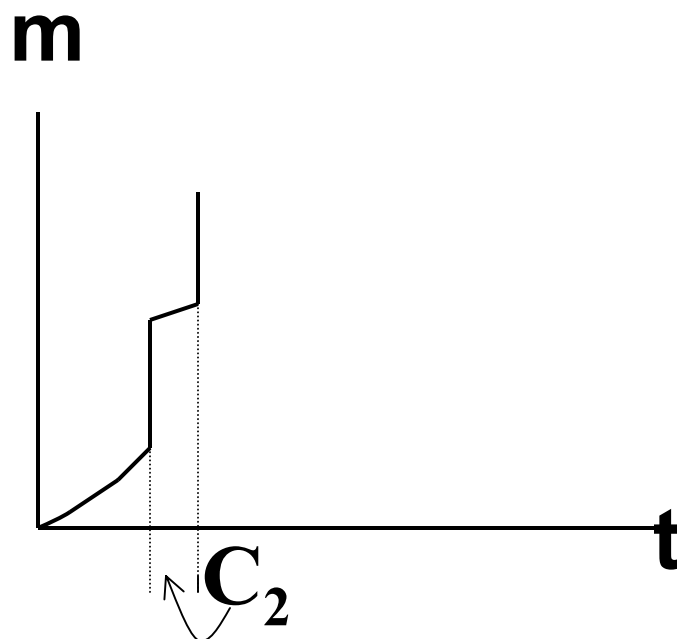




"RECYCLE TRIP"

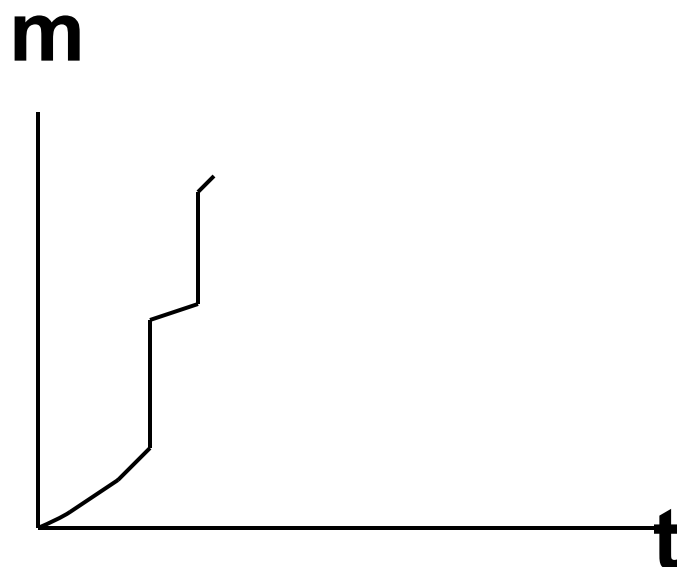


"RECYCLE TRIP"

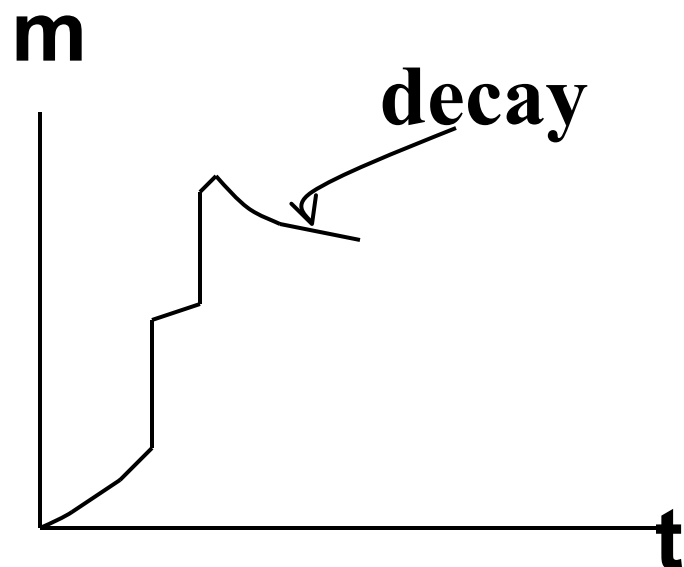




"RECYCLE TRIP"

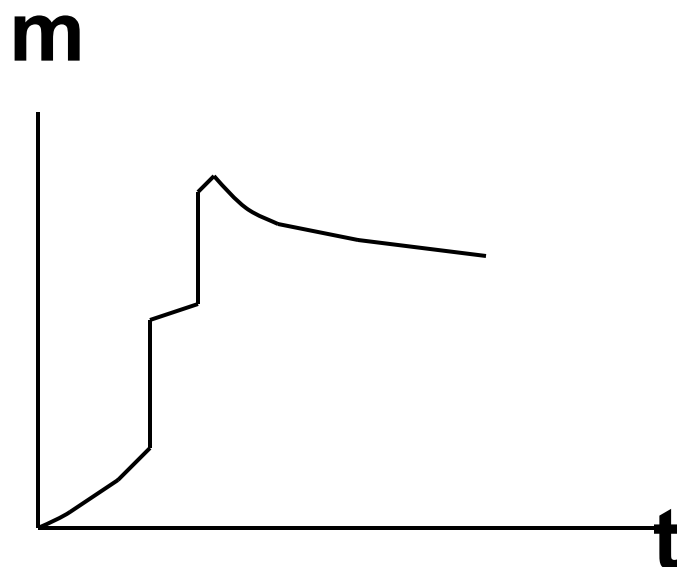


"RECYCLE TRIP"





"RECYCLE TRIP"

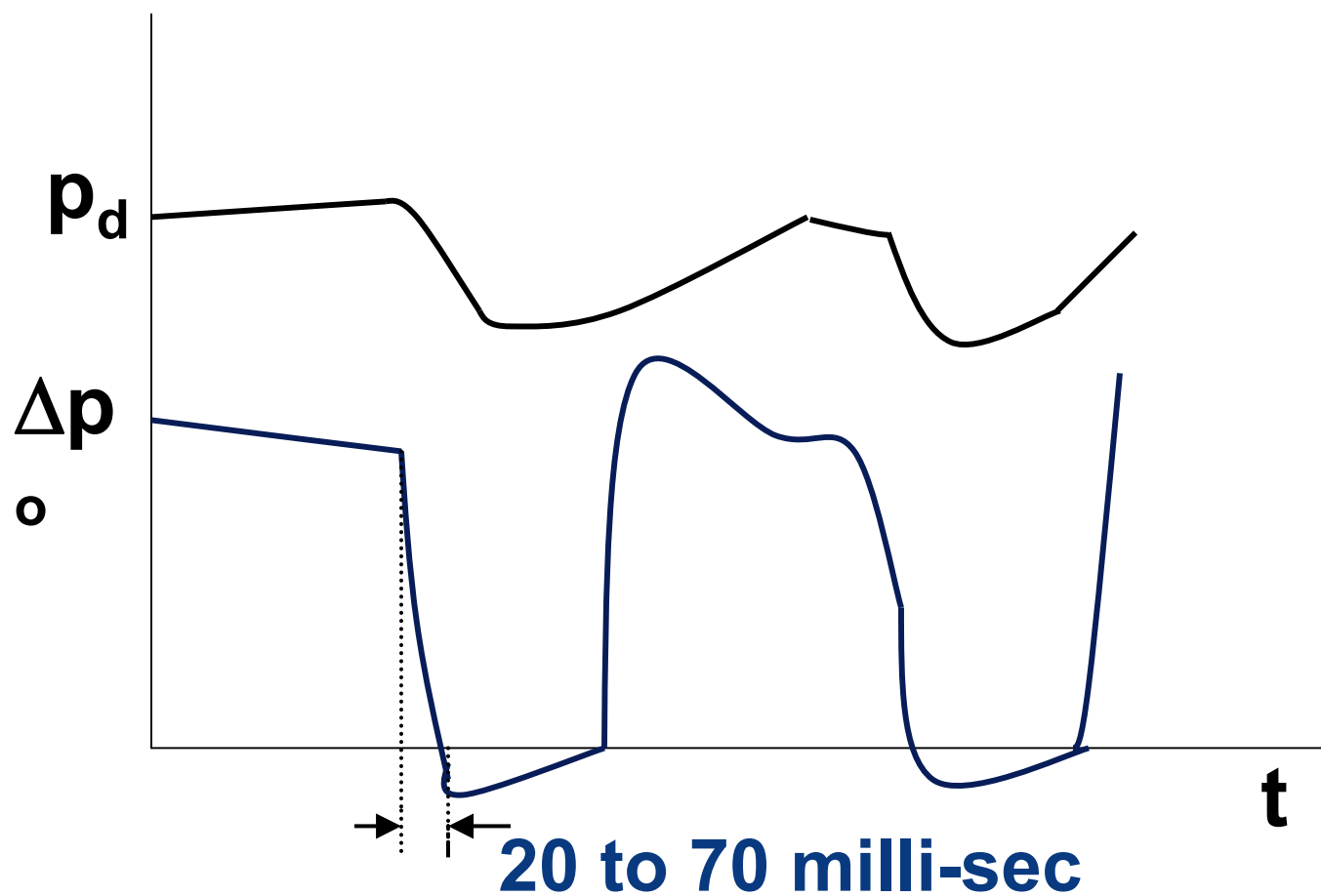




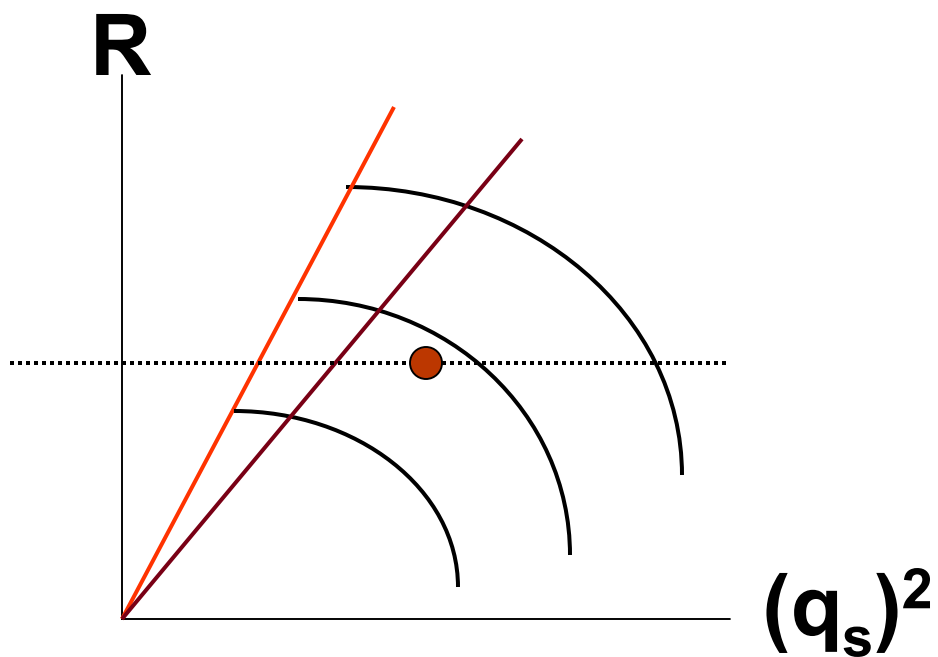
"Safety On"

- Компрессор может попасть в помпаж при неумелом использовании алгоритмов ССС, особенно в части выбора уставок этих алгоритмов. В первую очередь это относится к расстоянию b1,1.
- Одним из важнейших алгоритмов ССС является алгоритм "Safety On", способный распознать помпаж, остановить его и предотвратить его повторение, добавив к расстоянию b1,1 расстояние b2.
- Детектор помпажа, предусмотренный этим алгоритмом, распознаёт помпаж по скорости одновременного падения расхода и давления.

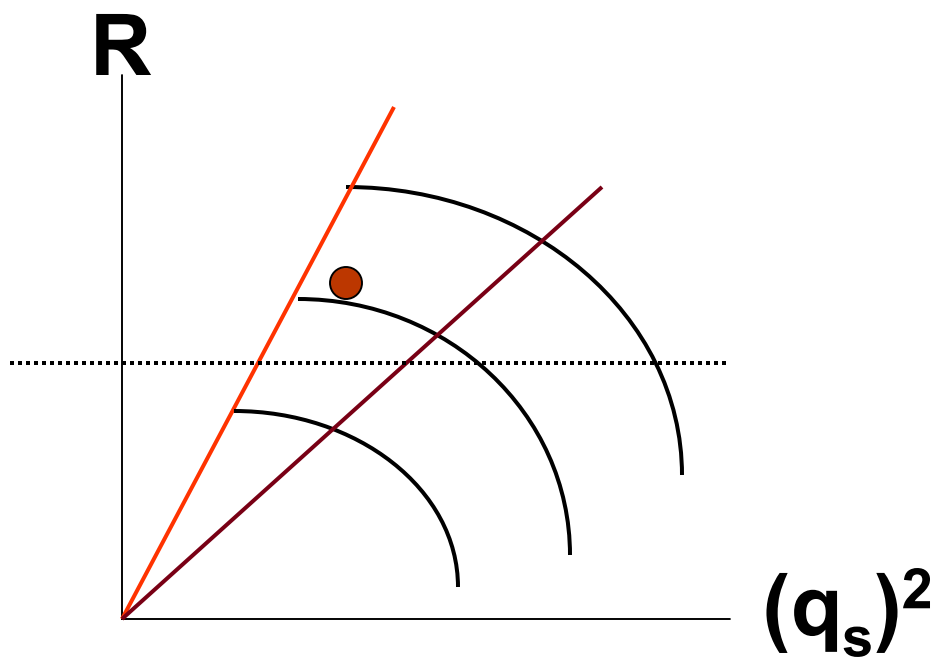
"Safety On"



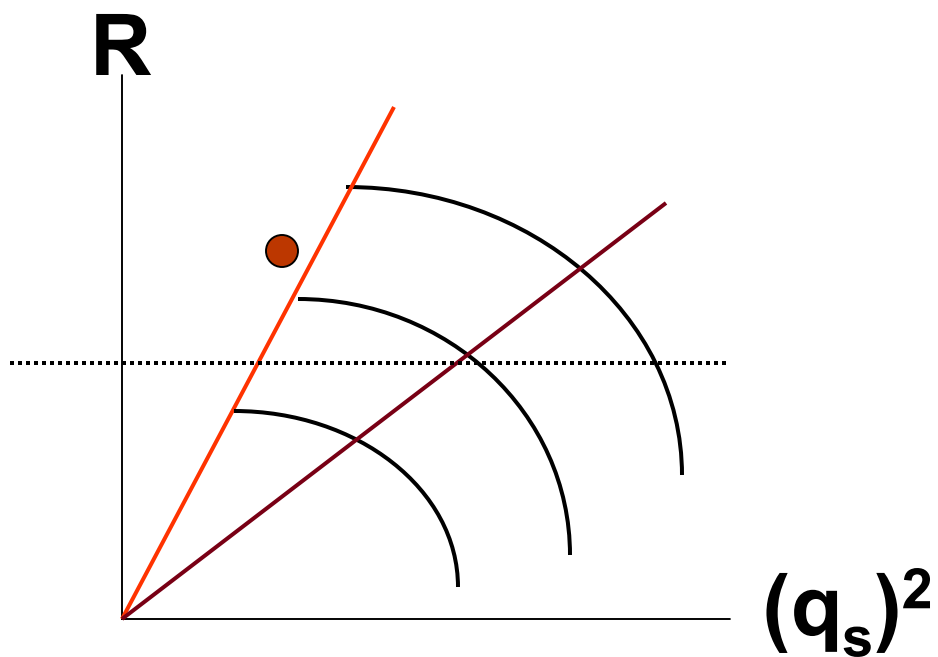
"Safety On"



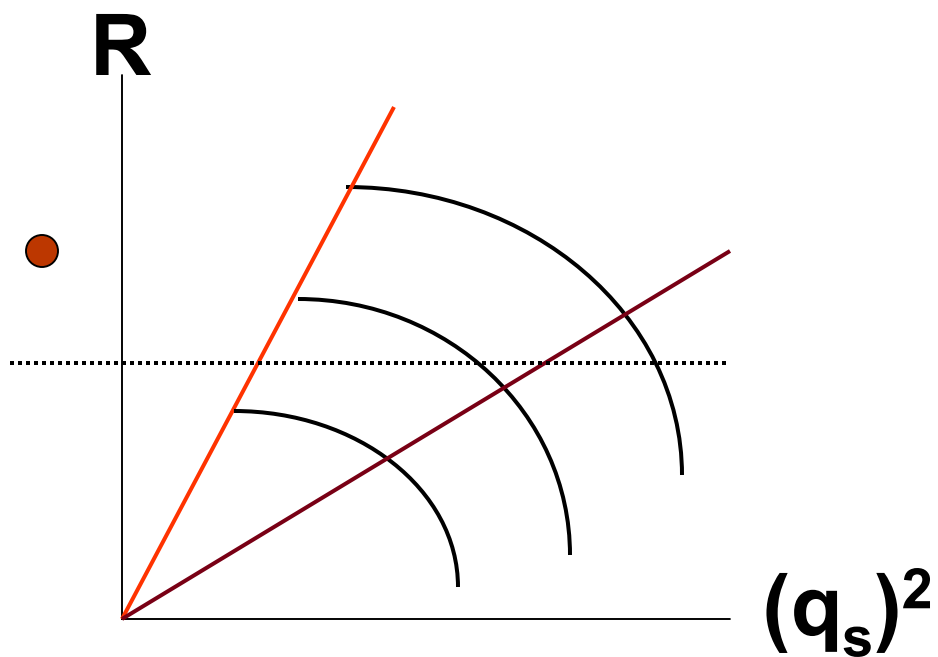
"Safety On"



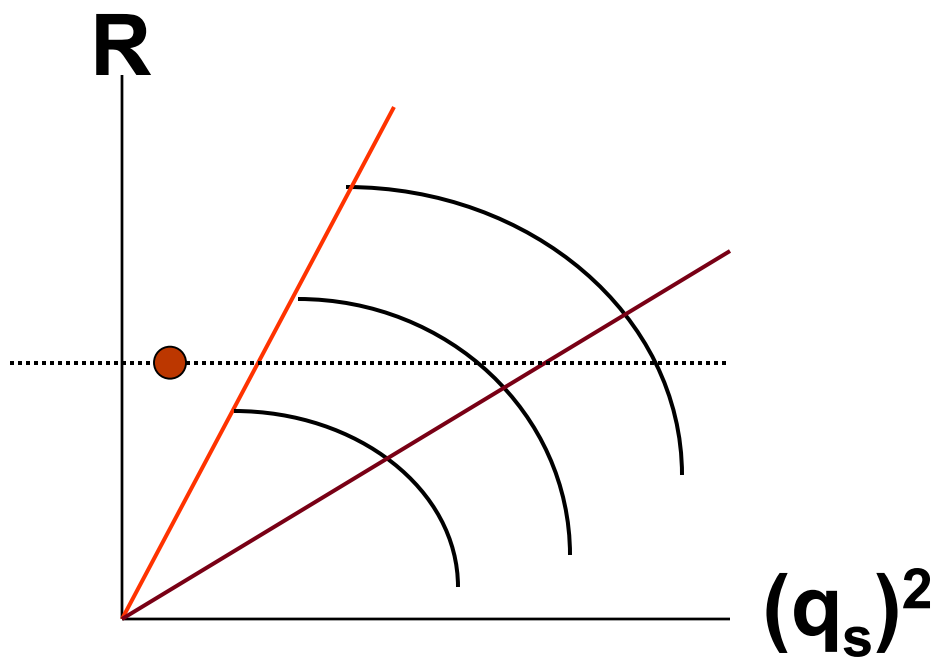
"Safety On"



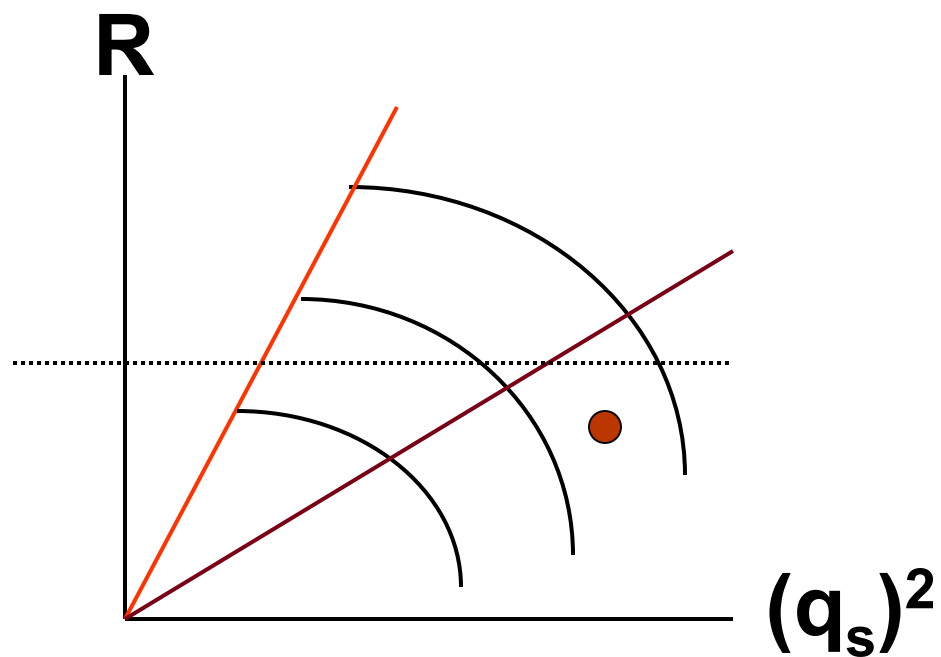
"Safety On"



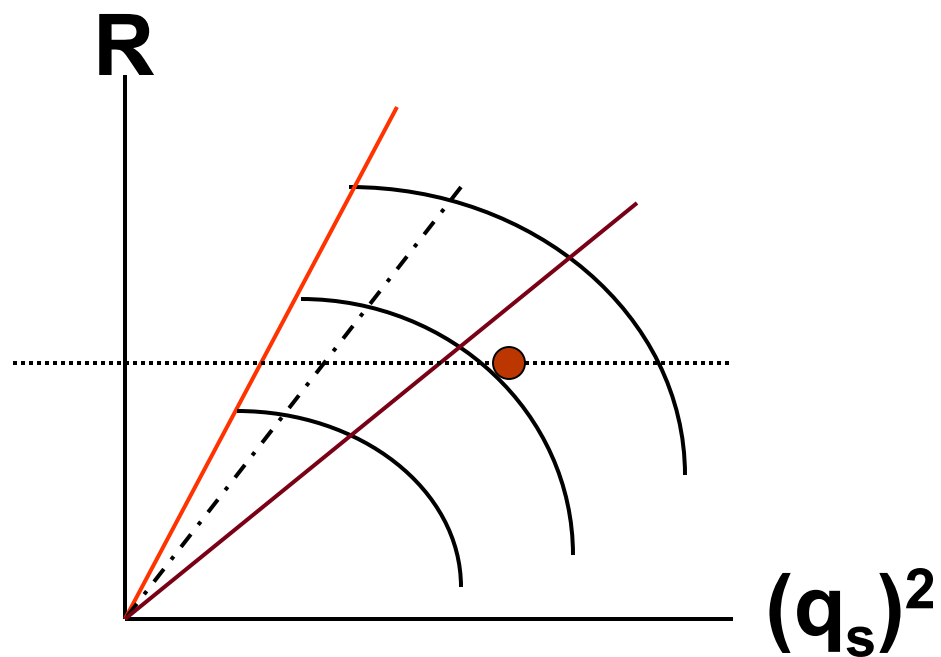
"Safety On"



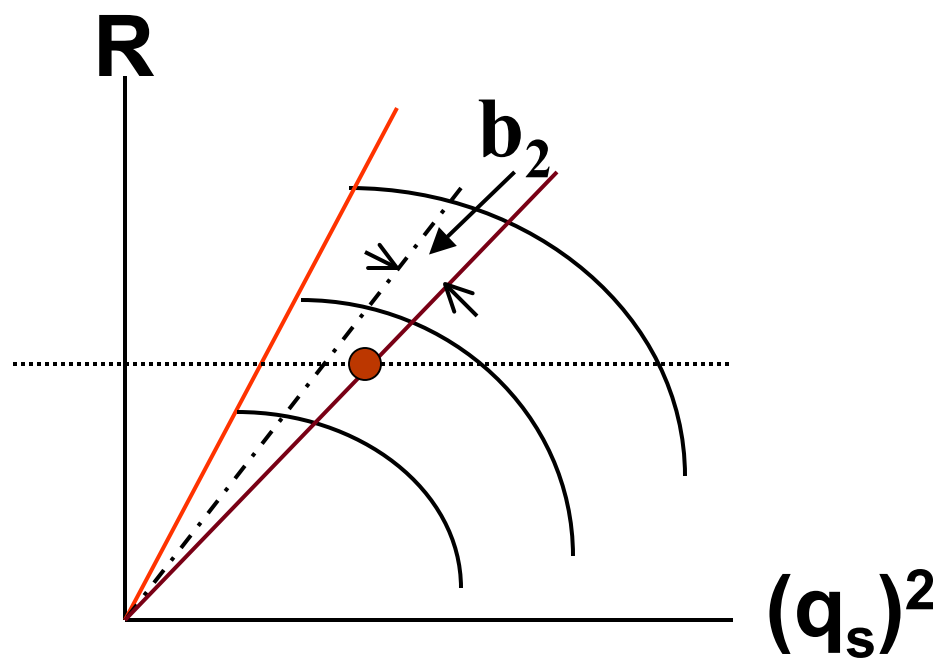
"Safety On"



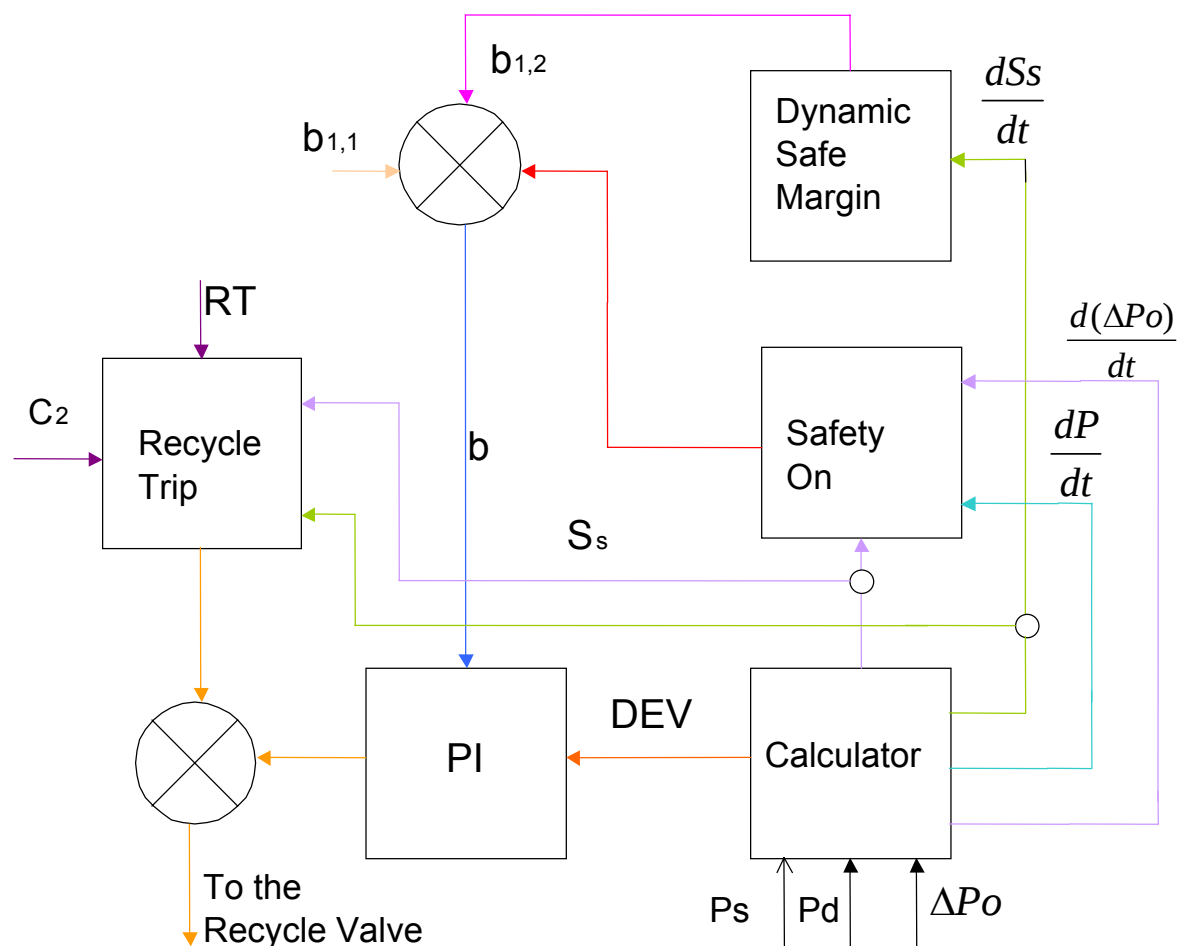
"Safety On"



"Safety On"



БЛОК-СХЕМА МОДУЛЯ ПРОТИВОПОМПАЖНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ



РОС - алгоритм

Важное место среди алгоритмов ССС занимает алгоритм РОС, предназначенный для ограничения роста давления выше предельного путем экстренного открытия клапанов перепуска газа.

Выходной сигнал РОС реализует ПИ-закон:

$$РОС_{\text{ПИ}} = K_p \varepsilon_{\text{рос}} + K_i \int \varepsilon_{\text{рос}} dt ,$$

P_{d0} - уставка РОС

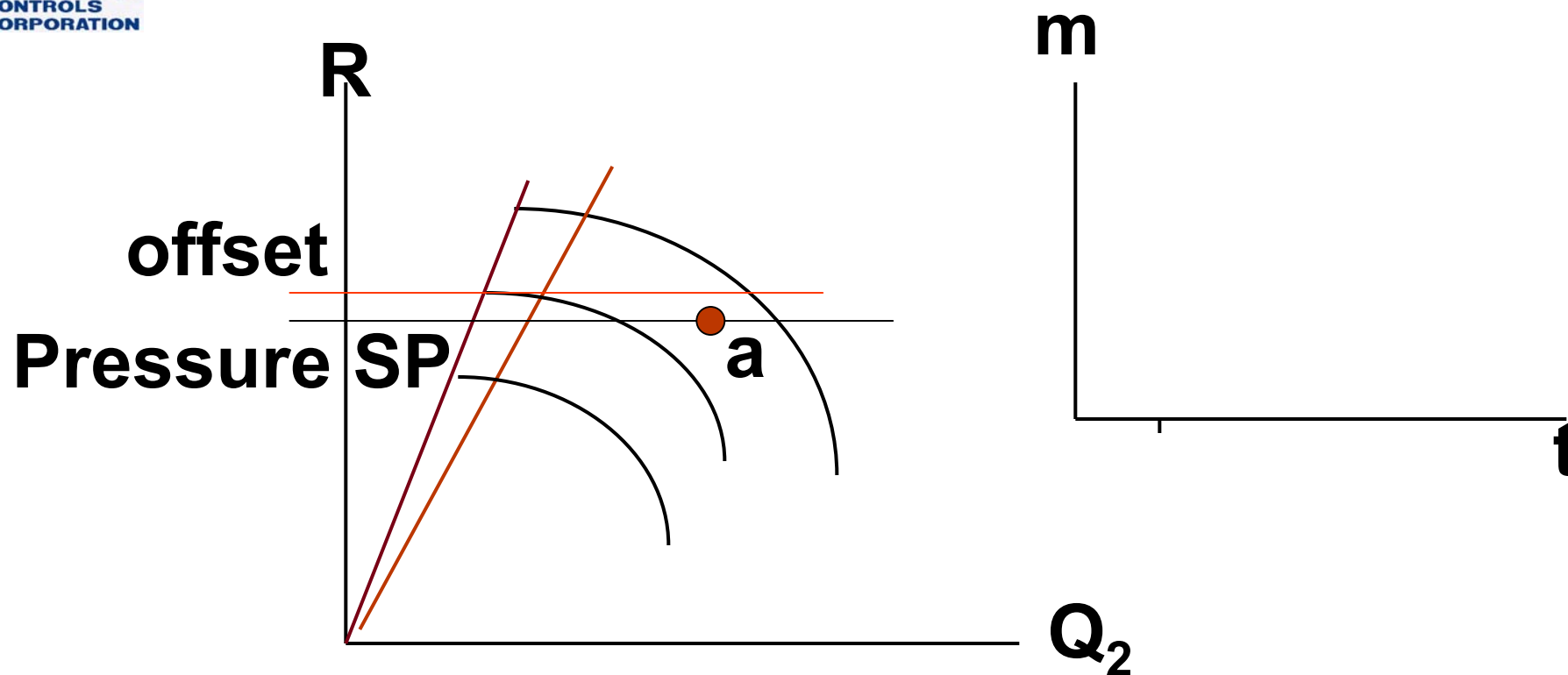
P_d - фактическое значение давление

P_{d0} может устанавливаться как дополнение $\Delta P_{\text{рос}}$ к заданию P_{sp} основного регулятора давления:

$$P_{d0} = P_{sp} + \Delta P_{\text{рос}} ,$$

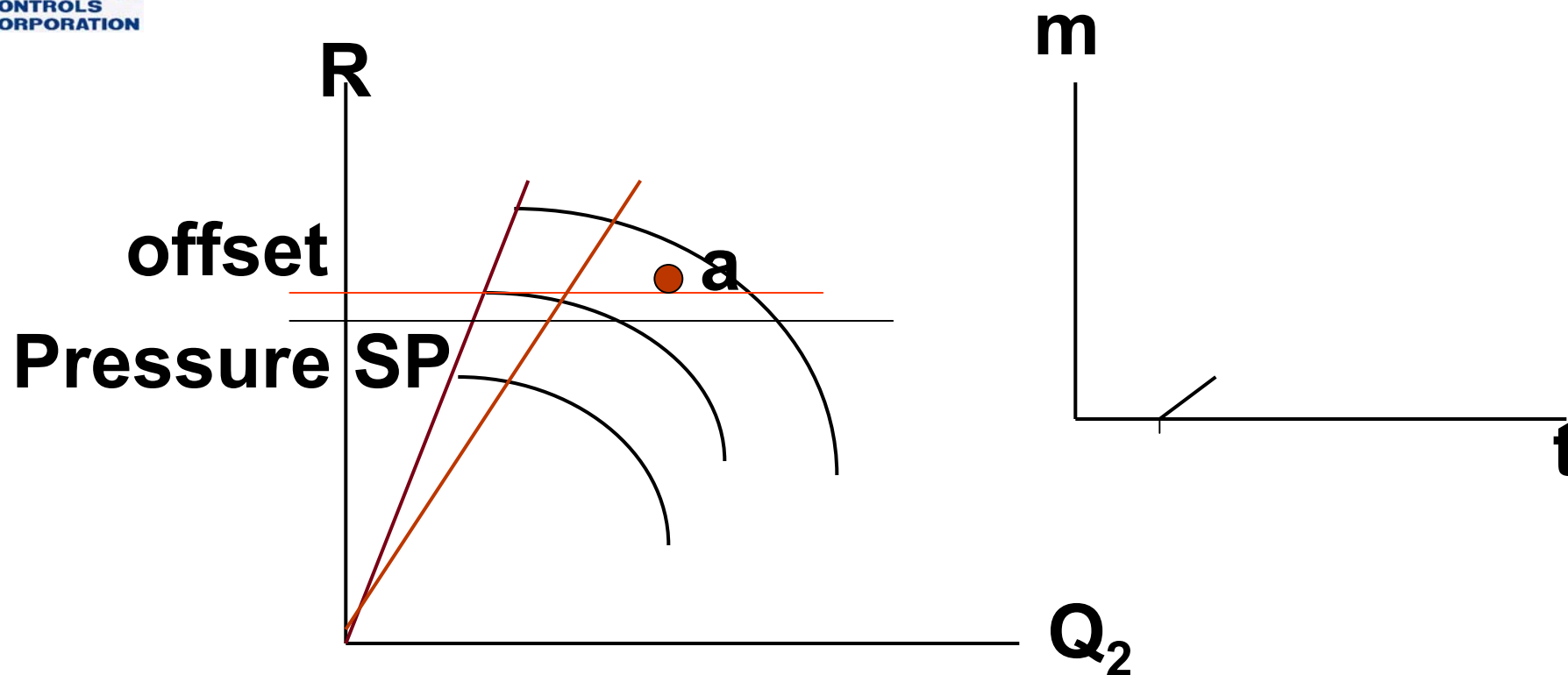
где: $\varepsilon_{\text{рос}} = P_{d0} - P_d$

POC - алгоритм



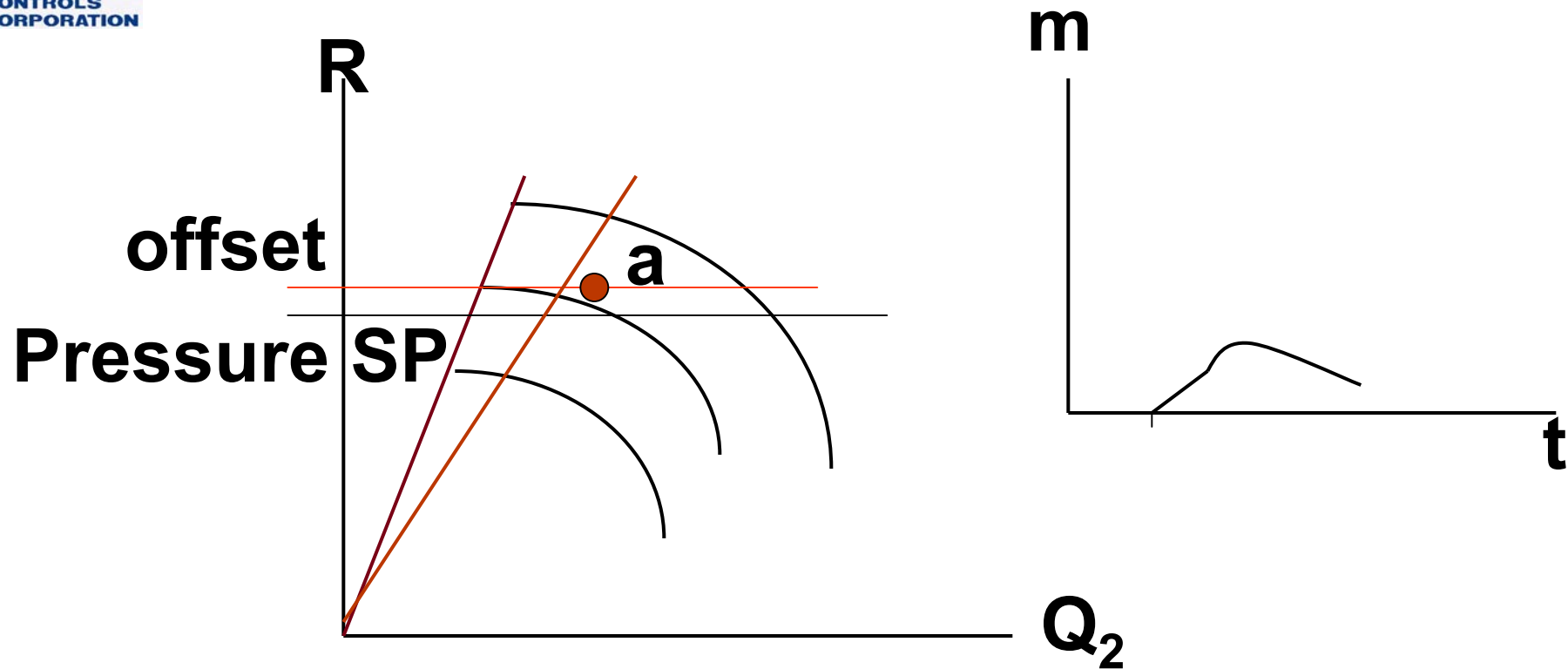
m-opening of AS valve

POC - алгоритм



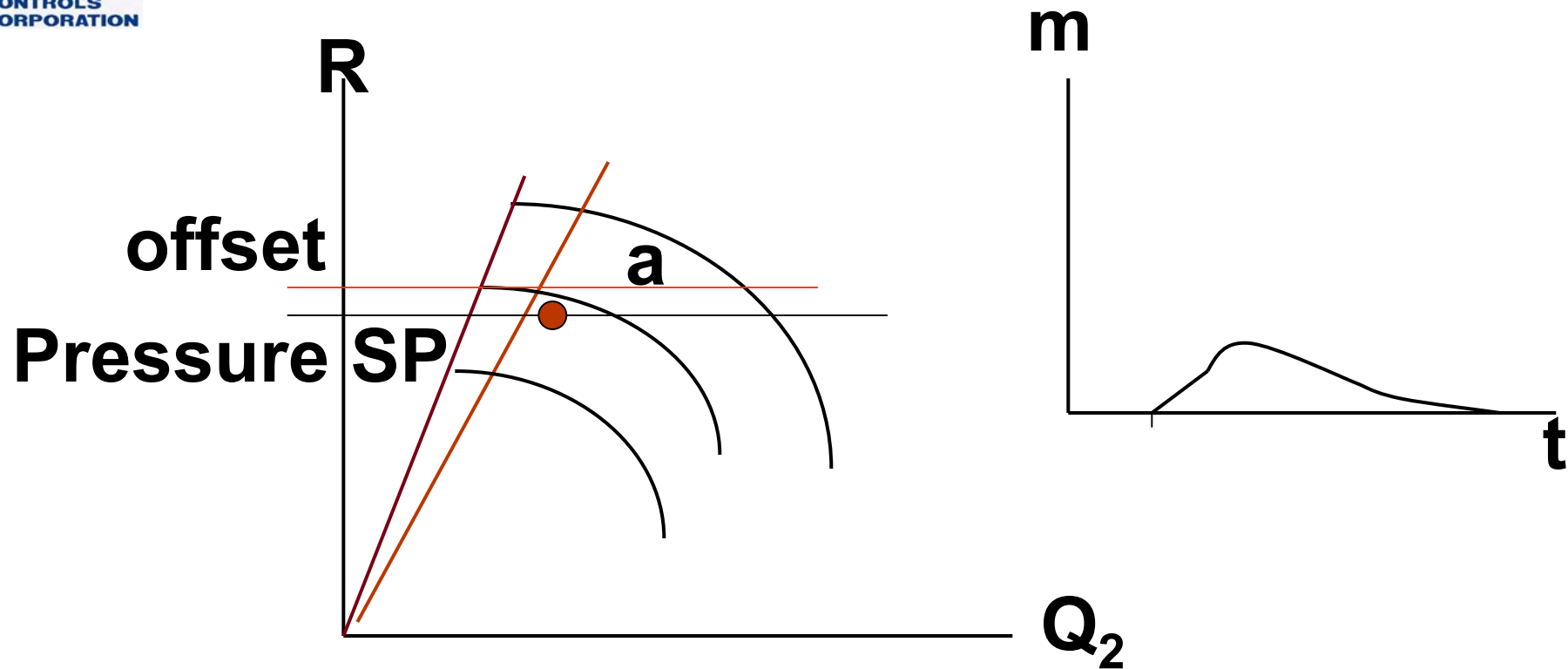
m-opening of AS valve

POC - алгоритм



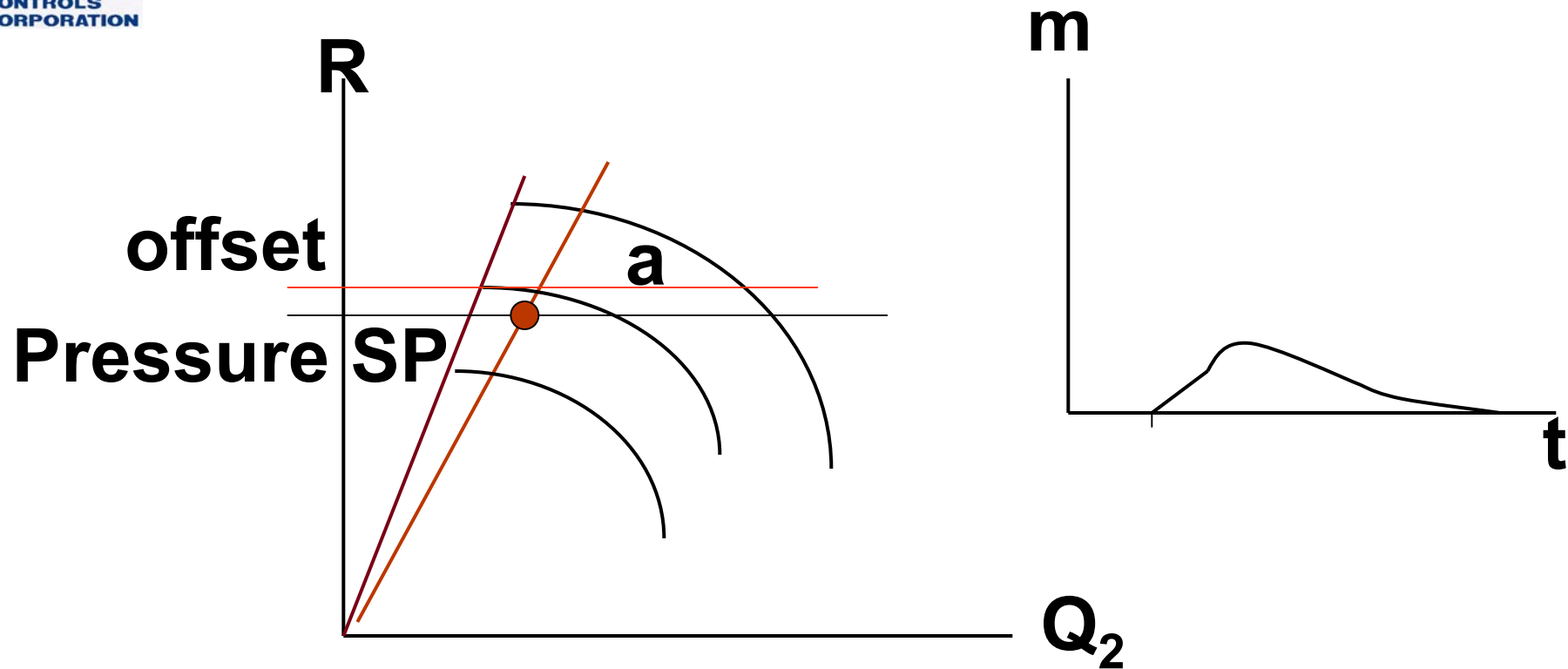
m-opening of AS valve

POC - алгоритм



m-opening of AS valve

POC - алгоритм



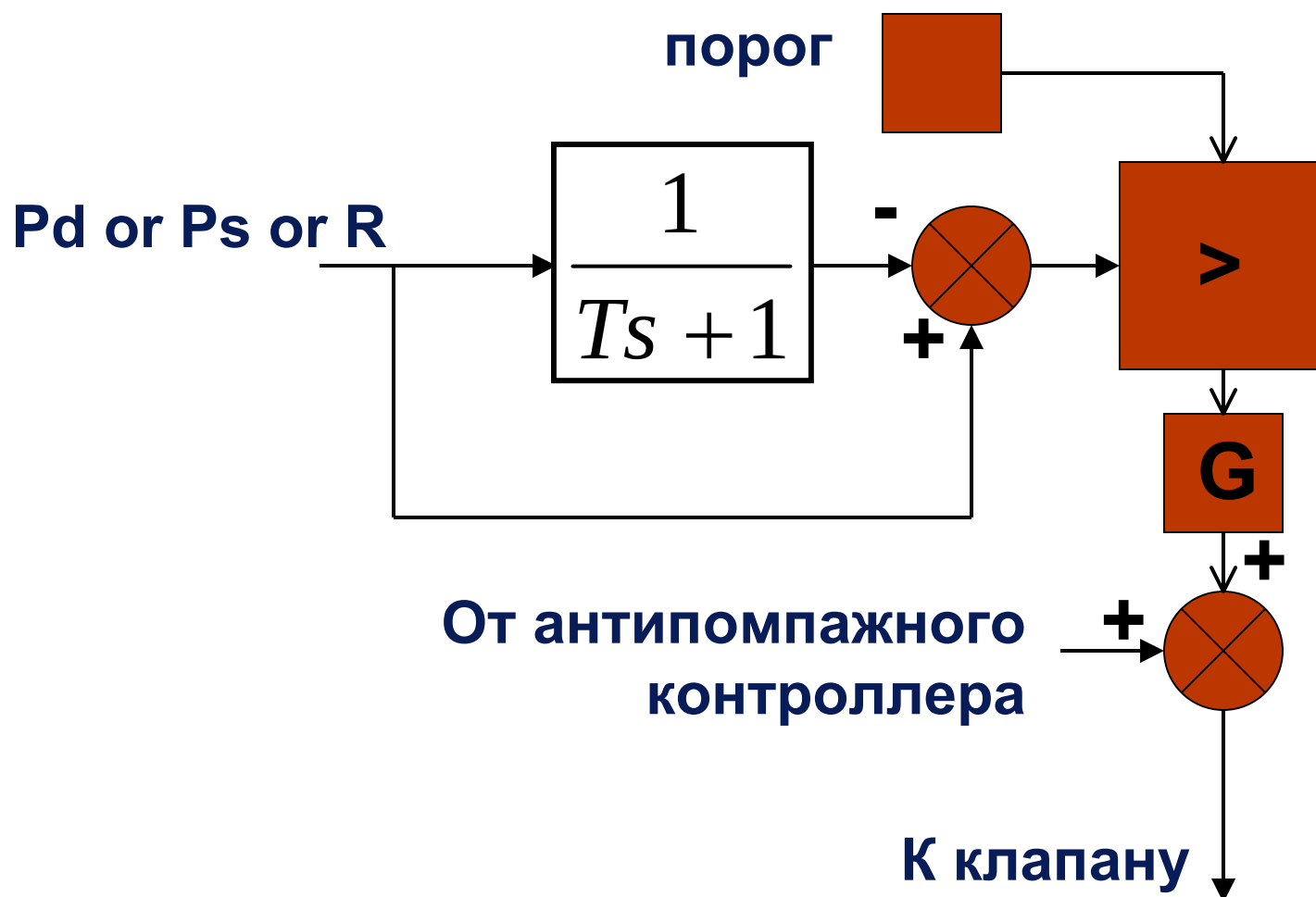
m-opening of AS valve



POC Predictor

- РОС не только повышает динамическую точность регулирования давления, но и увеличивает эффективность противопомпажного регулирования, открывая противопомпажные клапаны еще до достижения линии настройки контура противопомпажного регулирования.
- В дополнение к РОС, так называемые, РОС Predictors также используются для повышения эффективности противопомпажного регулирования.
- Predictor использует скорость изменения давления или степени сжатия для открытия противопомпажного клапана.
- В предикторе ограничиваемый сигнал проходит через фильтр первого порядка с установленной заранее постоянной времени, а затем сравнивается с неотфильтрованной величиной этого сигнала.
- Если разность отфильтрованного и неотфильтрованного сигналов превышает задание, она после масштабирования используется для открытия противопомпажного клапана.

Схема алгоритма "PREDICTOR"

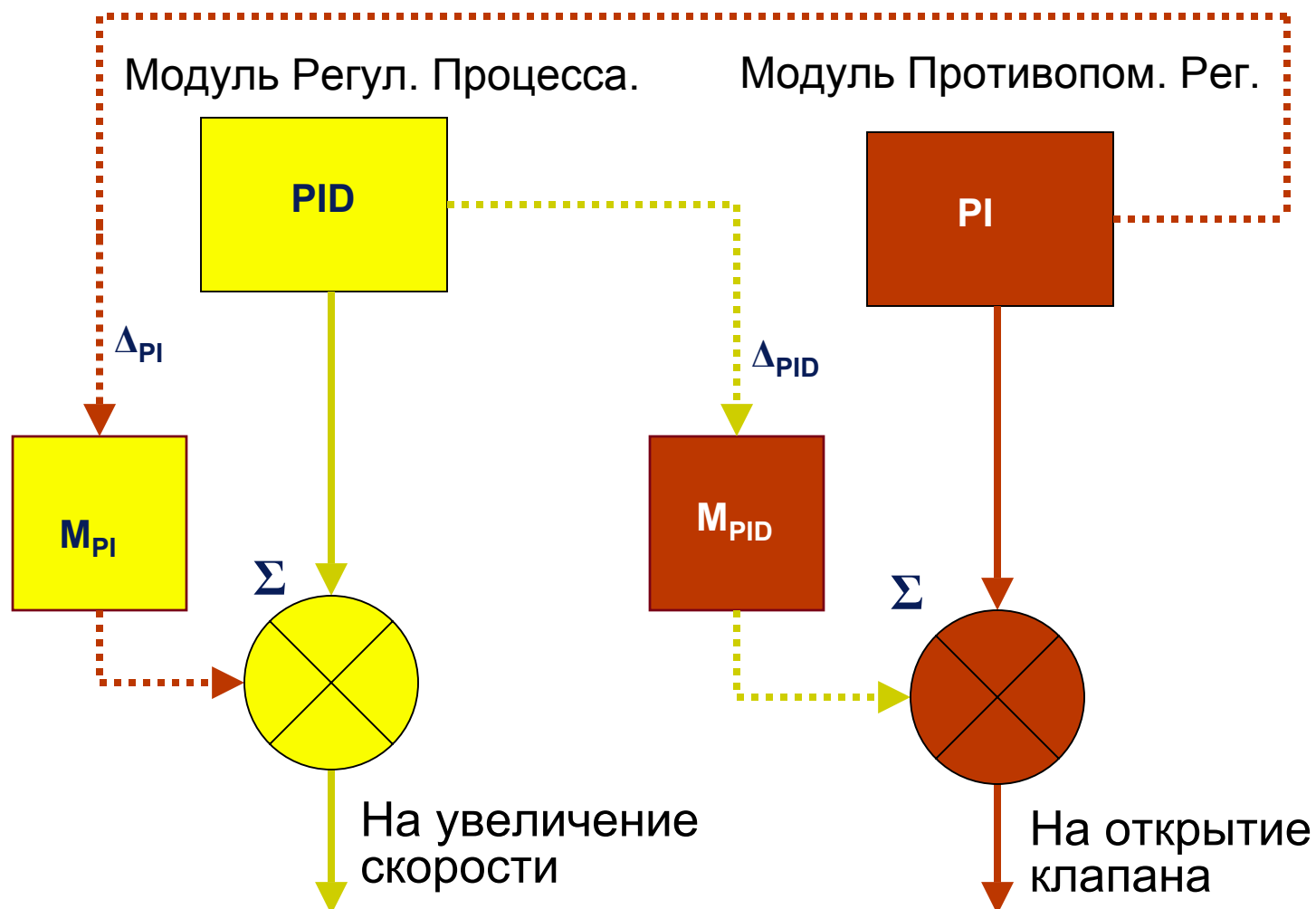




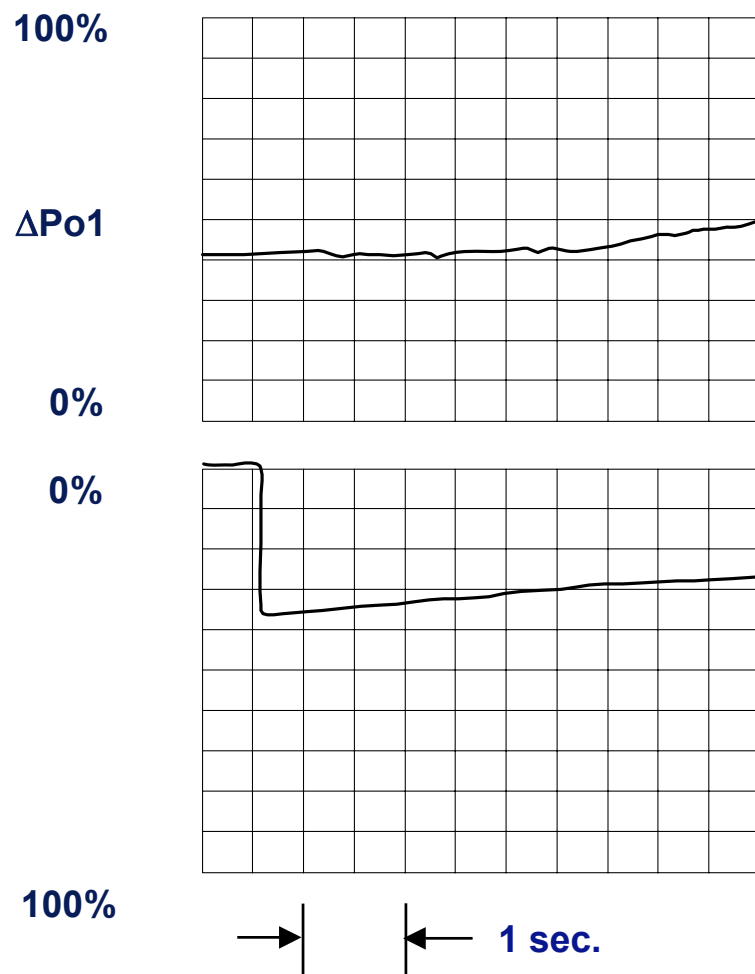
Развязка контуров

- Важным средством улучшения качества в САР ССС является интегрирование всех регулирующих контуров в единую многоконтурную систему, предотвращающую отрицательное взаимовлияние отдельных её компонентов.
- Так, открывая перепускной клапан в системе регулирования давления, контур противоположного регулирования посылает сигнал на увеличение скорости и, наоборот, контур регулирования давления, уменьшая скорость, посылает сигнал на открытие клапана.
- В многосекционных агрегатах контуры противоположного регулирования связаны между собой, и т.д.

Развязка контуров



Развязка контуров



Развязка контуров

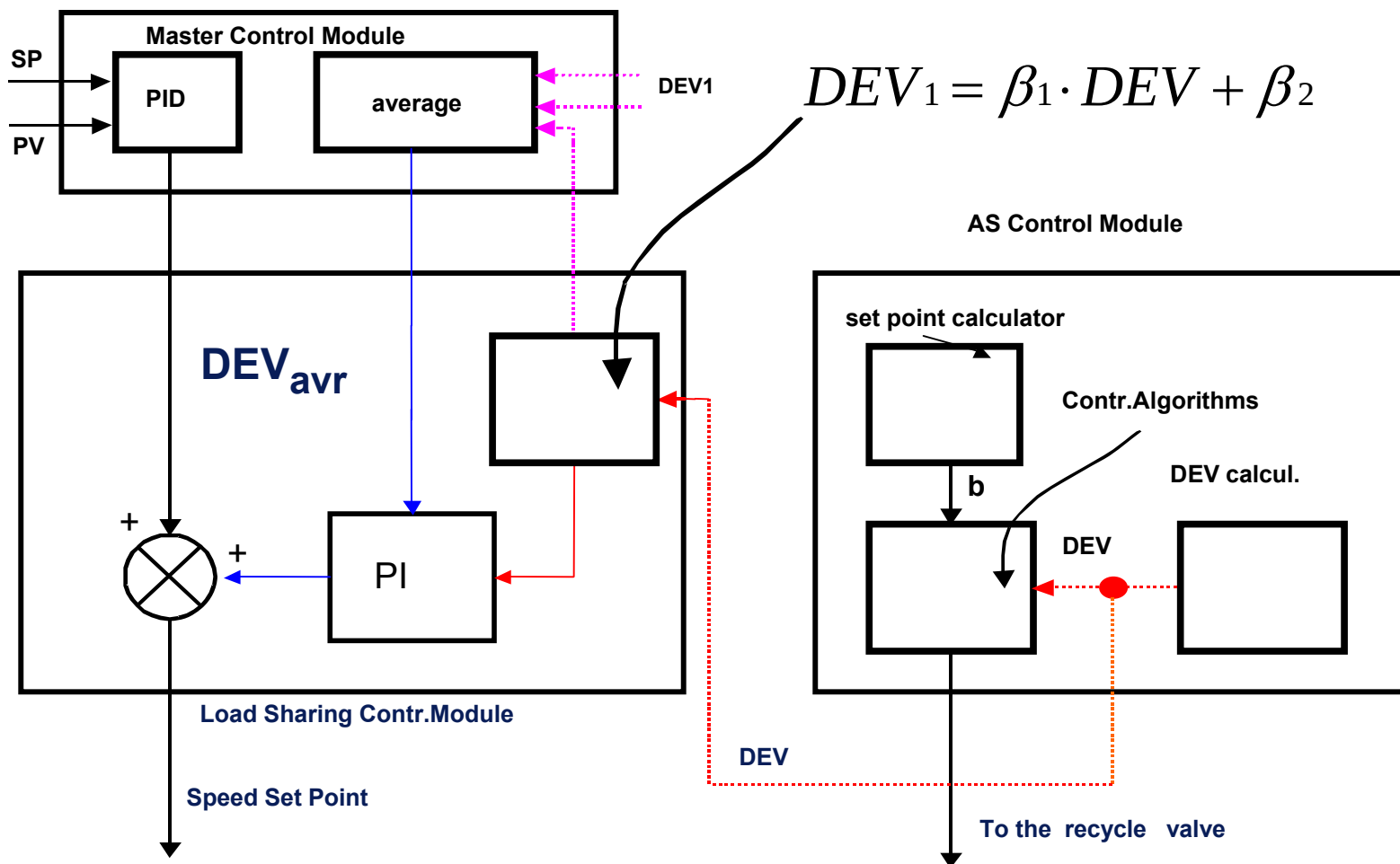




Деление нагрузки

- ССС ввел в практику уникальный подход к управлению производительностью с целью поддержания на заданном уровне давления или расхода группы машин.
- Согласно этому подходу Групповой Мастер меняет общую производительность группы машин, напрямую и косвенно, воздействуя на скорости вращения (или положения заслонок) и противопомпажные клапаны агрегатов.
- Мастер содержит при этом два модуля регулирования.
- Первый является PID контуром и обеспечивает регулирование главного технологического параметра (давления или расхода).
- Второй является вычислительным контуром. Он вычисляет среднее скорректированное расстояние рабочих точек агрегатов от соответствующих линий настроек противопомпажного регулирования (DEV1).

Деление нагрузки





Деление нагрузки

- Мастер получает эти расстояния от Модулей Деления Нагрузки агрегатов.
- Каждый Модуль Деления Нагрузки корректирует соответствующее DEV, полученное от своего Контура Противопомпажного Регулирования, чтобы компрессоры разной производительности могли приближаться к помпажу с разной скоростью, начиная рециркуляцию одновременно.
- Вычисленное среднее скорректированное расстояние является заданием для всех модулей деления нагрузки отдельных агрегатов.
- Каждый модуль деления нагрузки добавляет свой выходной сигнал к выходу PID-части Станционного Мастера.
- Выходы Модулей деления нагрузки управляют скоростями (или заслонками) отдельных агрегатов.



Основные Достоинства Многоконтурных Систем Автоматического Регулирования фирмы ССС

- **Безопасный режим работы компрессоров обеспечивается даже в непосредственной близости от границы помпажа**
- **Быстрота реакции системы адекватна скорости изменения технологических параметров**
- **Взаимодействие между всеми контурами регулирования компенсирует нежелательное влияние их друг на друга**
- **Наиболее эффективное распределение нагрузки между совместно работающими агрегатами**
- **Интегрированное управление компрессором и его приводом, как единым целым с максимальной общей эффективностью**



«Стратегия Выживания» повышает надежность системы регулирования

- **Антипомпажный регулятор использует в расчетах**
 - значение $(q_{s,red})^2$, вычисленное для максимальной величины степени сжатия, при неисправности датчика давления
 - $h_{p,red}$ как функцию степени сжатия при неисправности датчика температуры
- **Регулятор Процесса при неисправности датчика**
 - автоматически переключается на резервный регулятор или
 - устанавливает заданное (безопасное значение выхода)
- **Предусмотрена сигнализация неисправности любого из датчиков**



РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИВОДНЫХ ТУРБИН

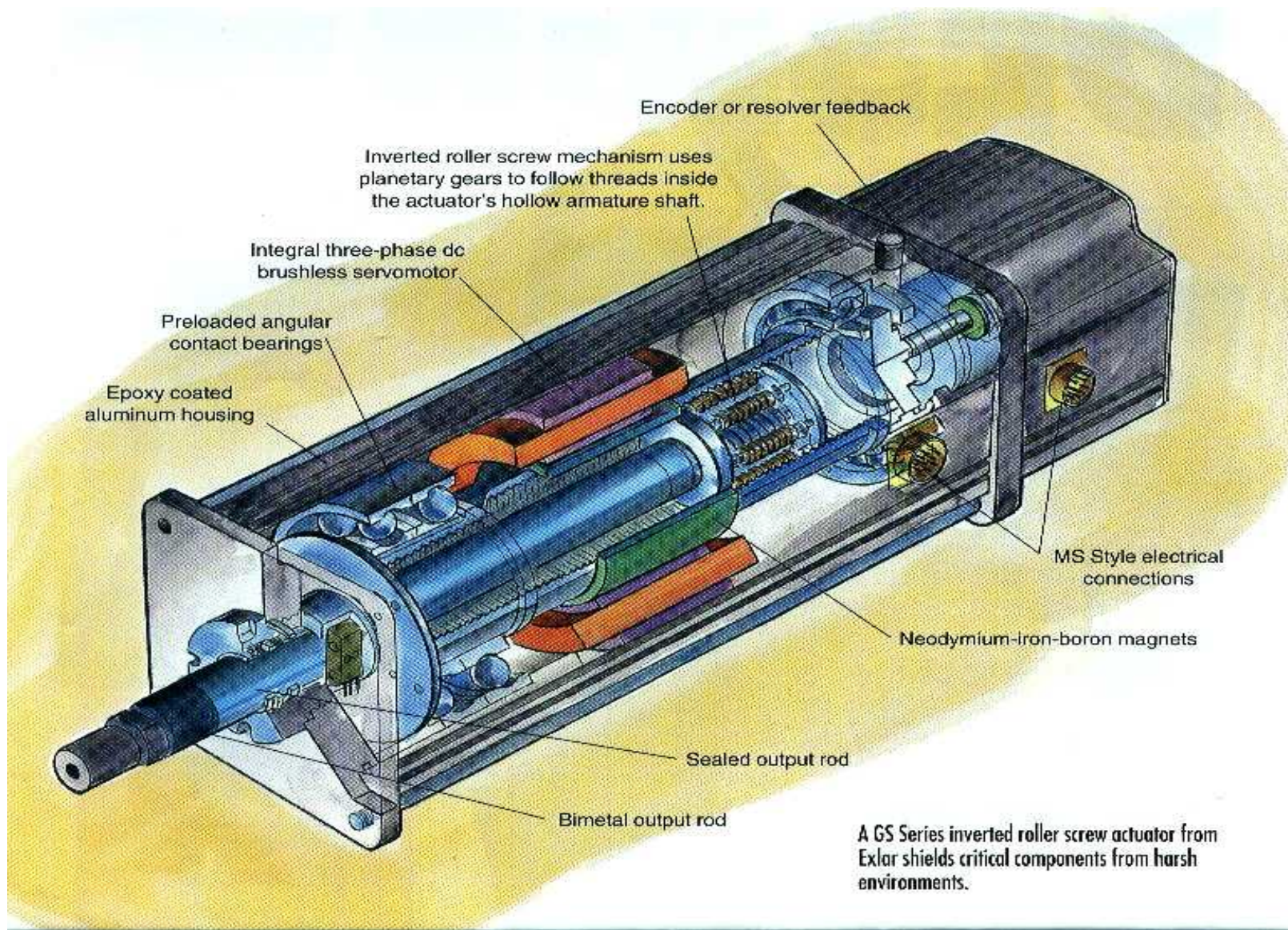


- Фирма ССС разработала и успешно внедряет не только системы регулирования компрессоров, но и системы регулирования их приводных турбин, паровых и газовых.
- Таким образом, ССС обеспечивает автоматическое регулирование всего агрегата.
- ССС обеспечивает:
 - автоматическое регулирование частоты вращения турбин с заданием от контуров регулирования давления или расхода,
 - автоматическое регулирование в теплофикационных и производственных отборах пара,
- Регулирование положения главных сервомоторов систем парораспределения и т.п.

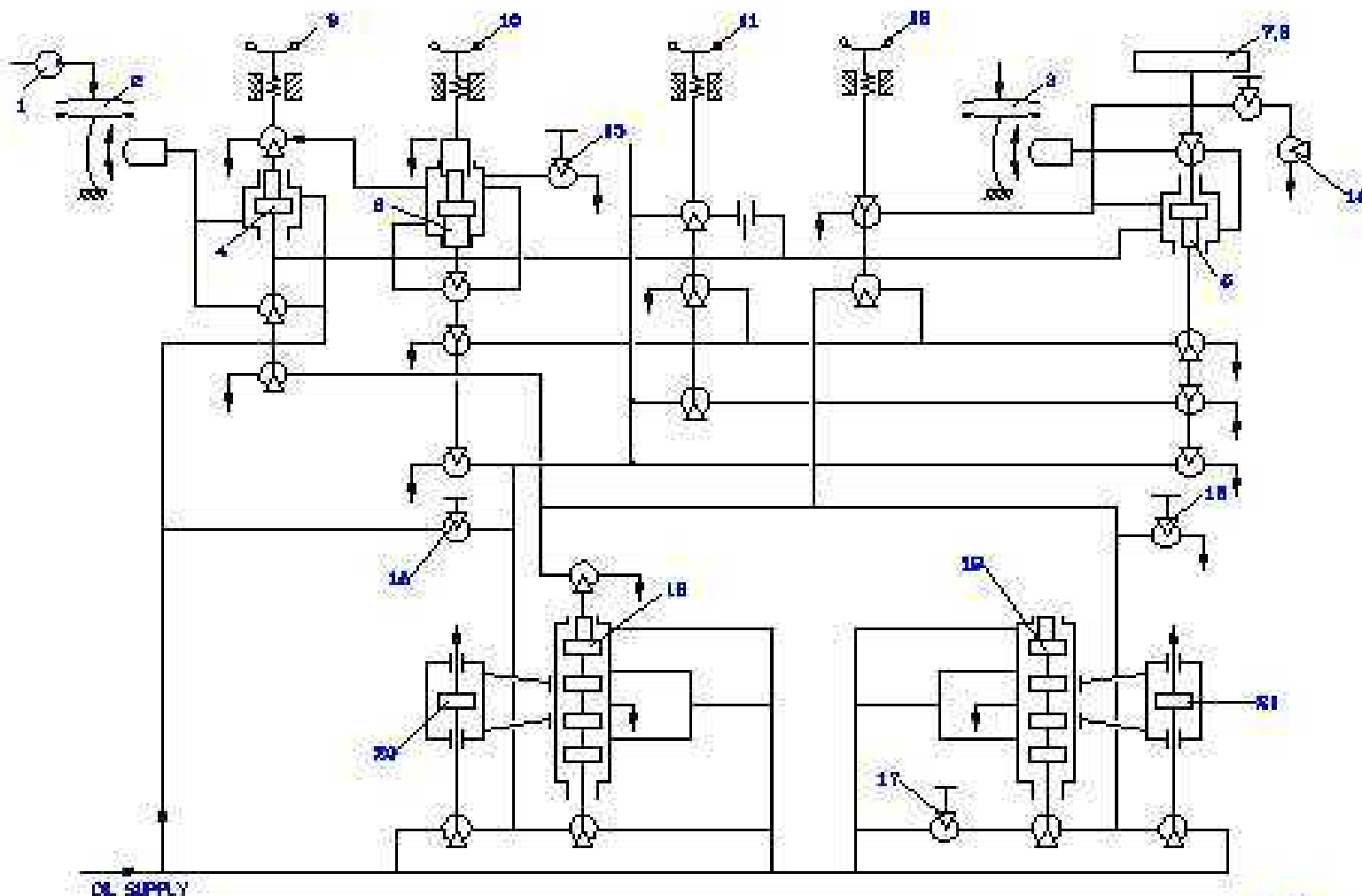


- Вместо традиционного принципа силового равновесия отсечных золотников фирма ССС применила принцип позиционирования, который обеспечивает приложение к отсечному золотнику максимального усилия независимо от величины управляющего сигнала.
- Это усилие может превышать силы сопротивления в отсечном золотнике на несколько порядков.
- Предусмотрено автоматическое расхаживание золотников на величину приблизительно равную 0,02 мм один раз в 10 сек.
- Все это обеспечивает нечувствительность по частоте вращения приблизительно 0,02% (0,6 об/мин).

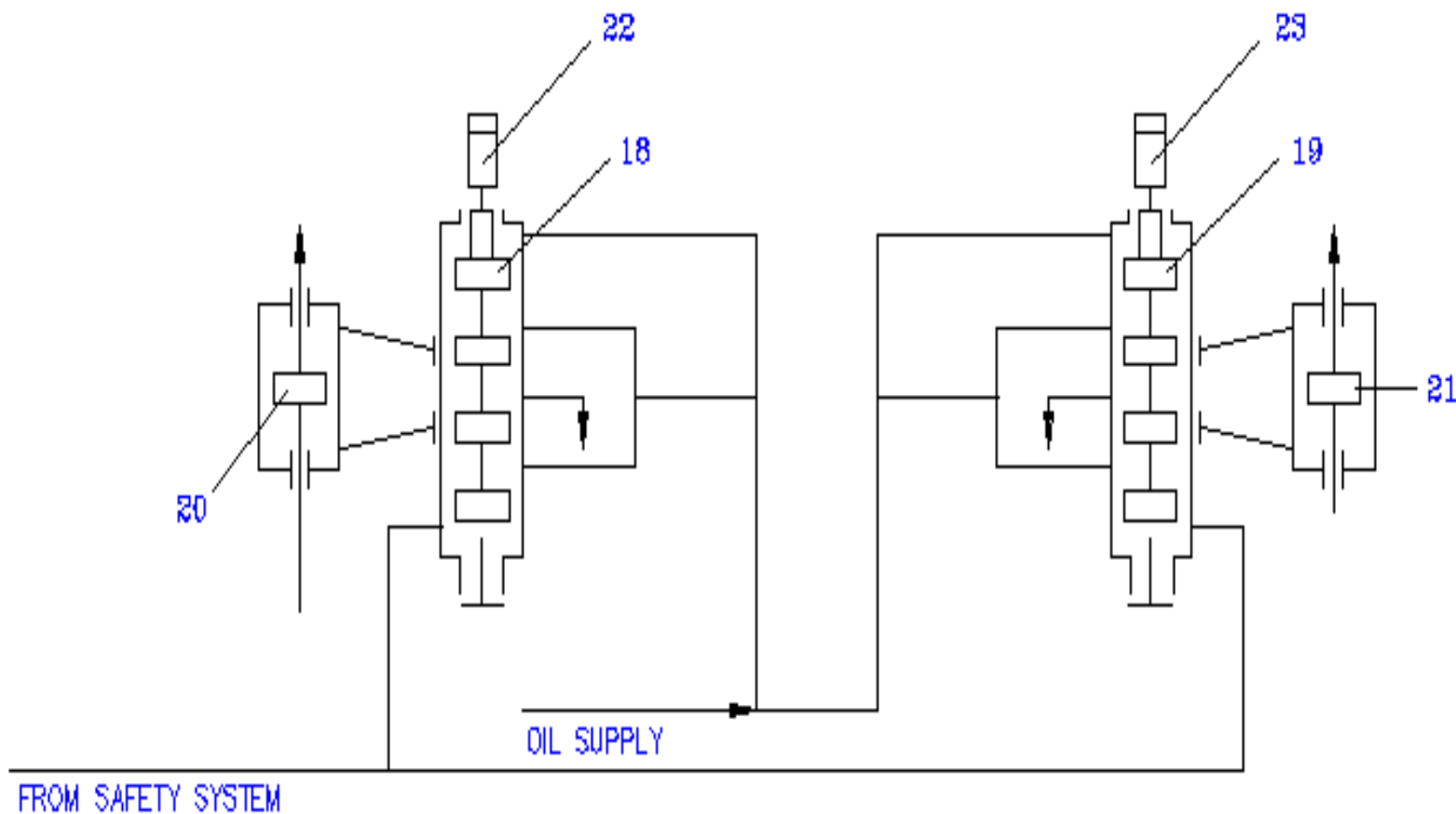
ЭГП типа EXLAR



Система регулирования скорости и давления в отборе турбины до модернизации



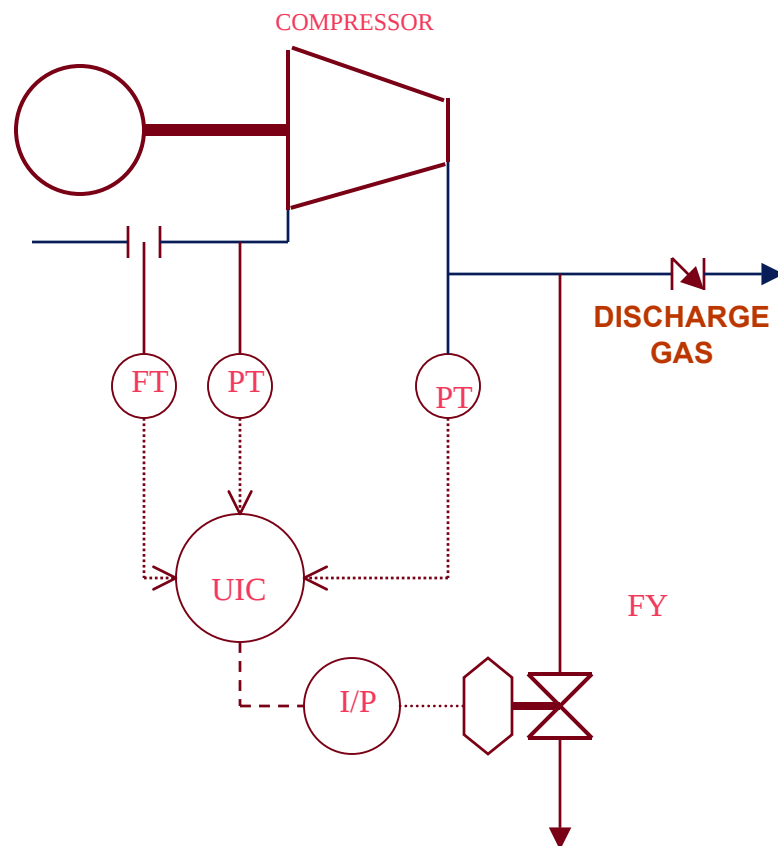
Система регулирования скорости и давления в отборе турбины после модернизации





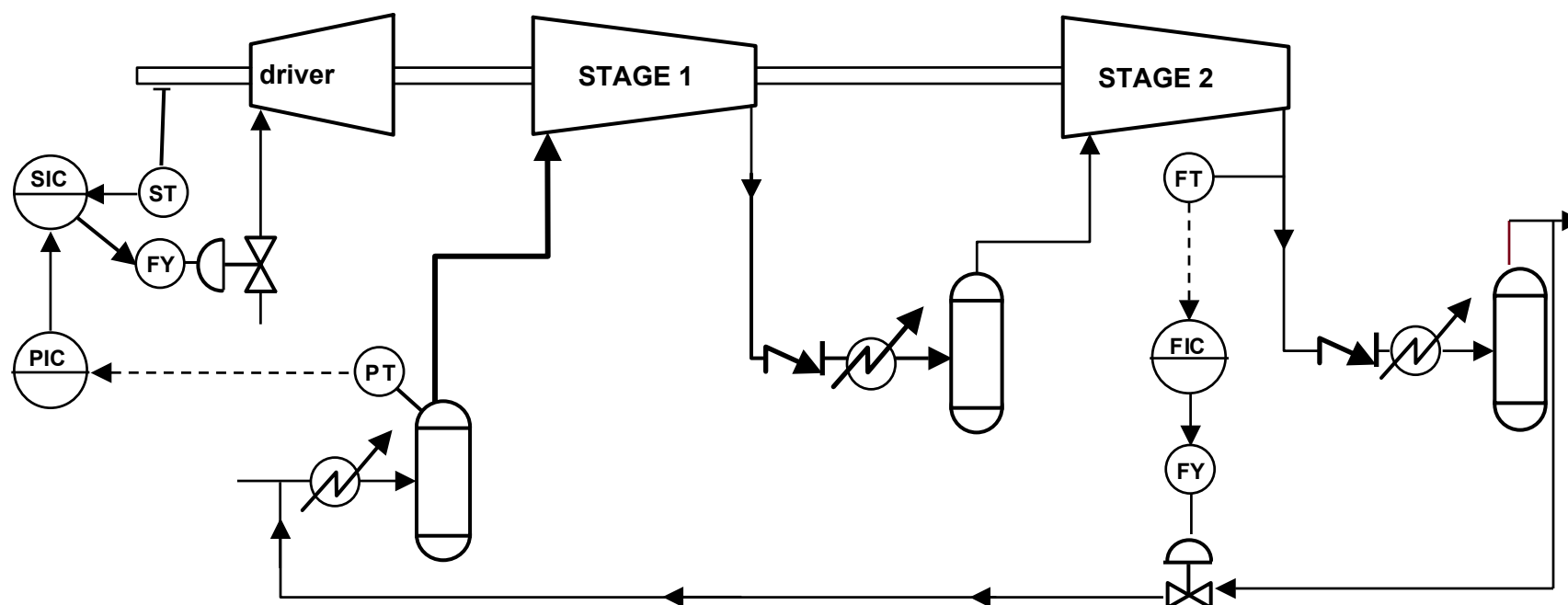
Пример Простейшего Контура Антипомпажного Регулирования

- Расход измеряется во всасе
- Датчики давления во всасе и нагнетании измеряют степень сжатия компрессора
- Применяются стандартные алгоритмы регулирования ССС
- Открытие АПК увеличивает расход через компрессор снижает сопротивление линии нагнетания и тем самым предотвращает помпаж компрессора



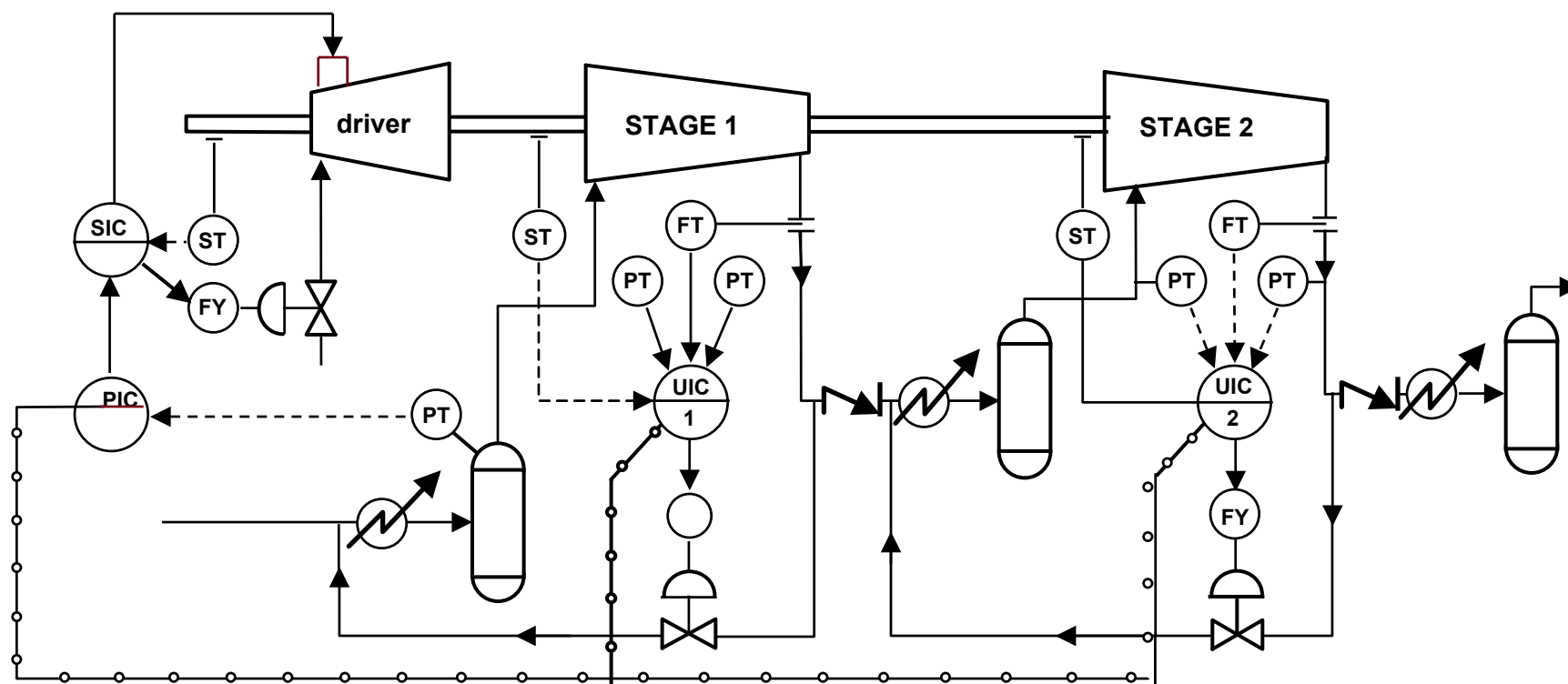
Система регулирования компрессора жирного газа до реконструкции

Marathon FCCU

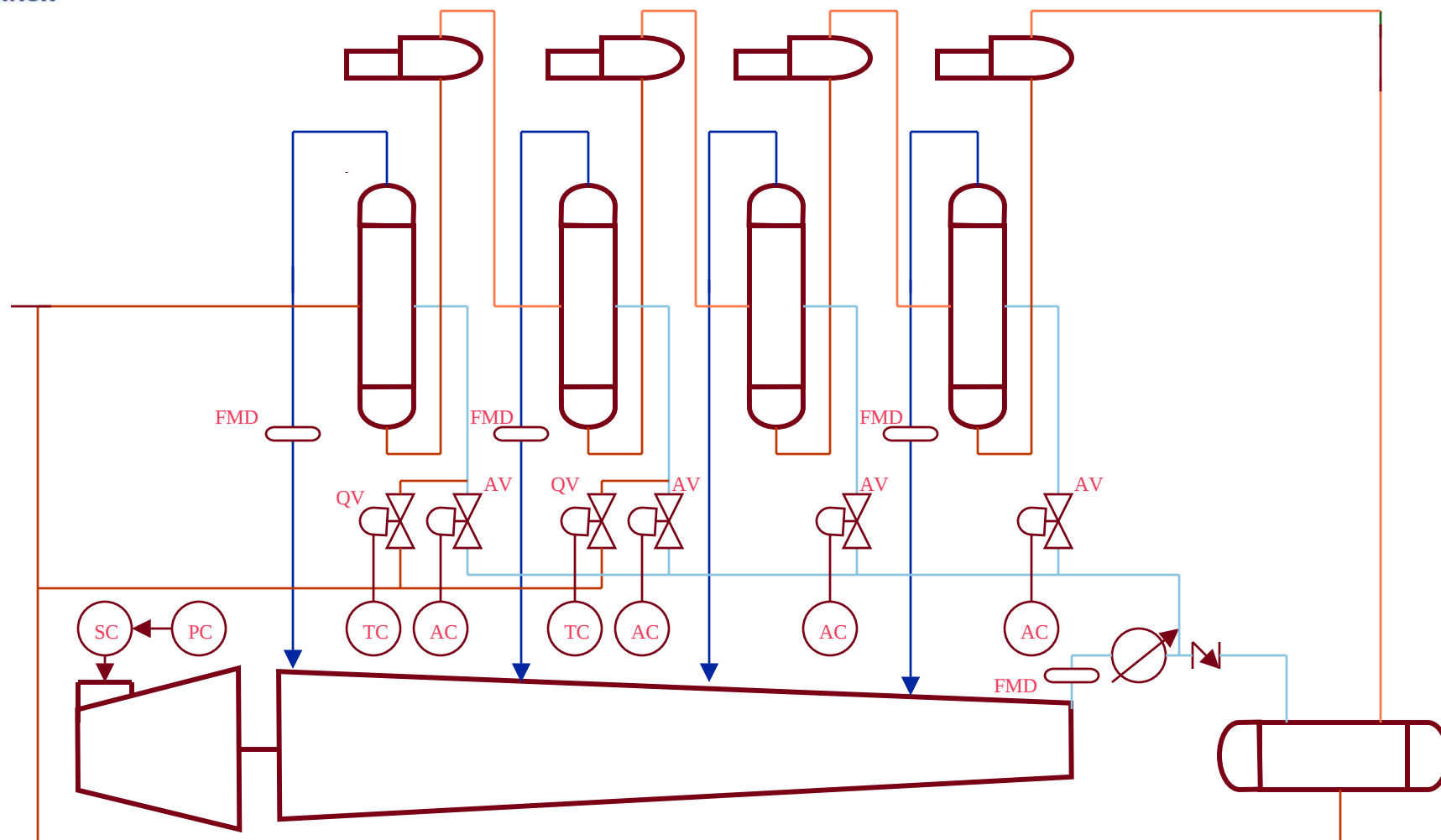


Система регулирования компрессора жирного газа после реконструкции

Marathon FCCU



ПРИМЕР РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

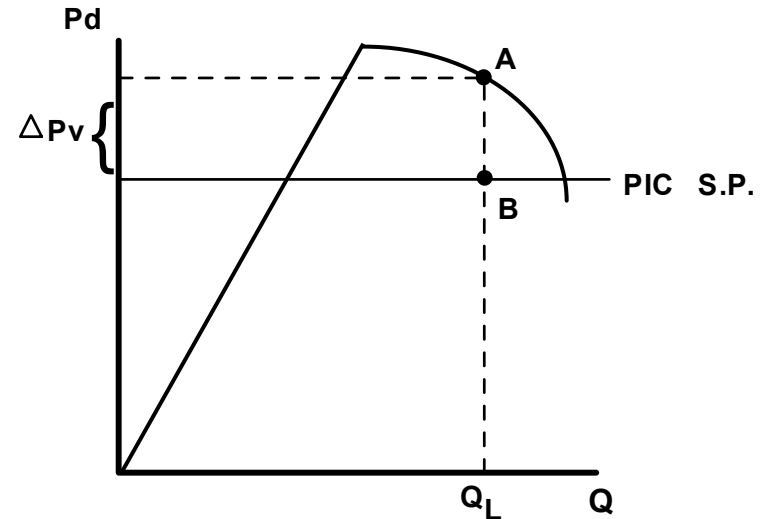
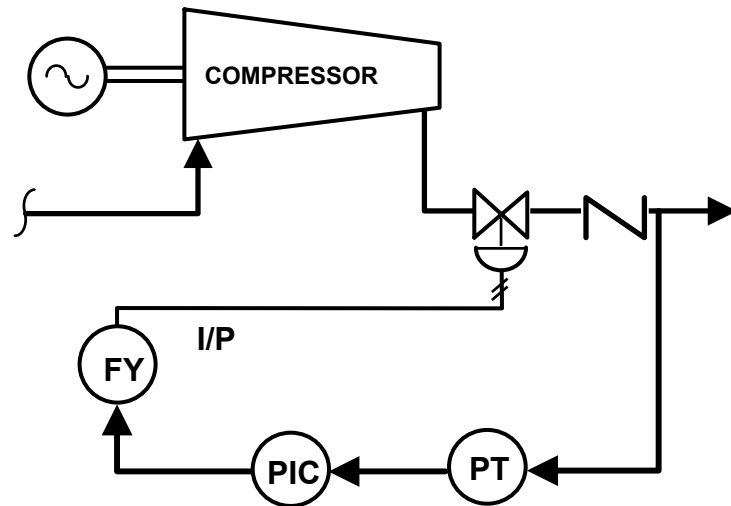




Регулирование Процесса

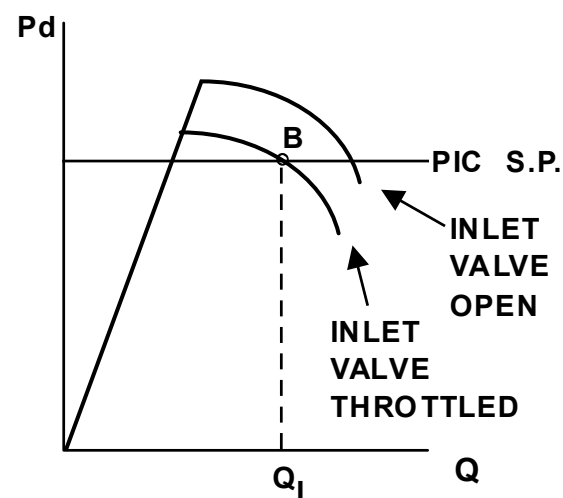
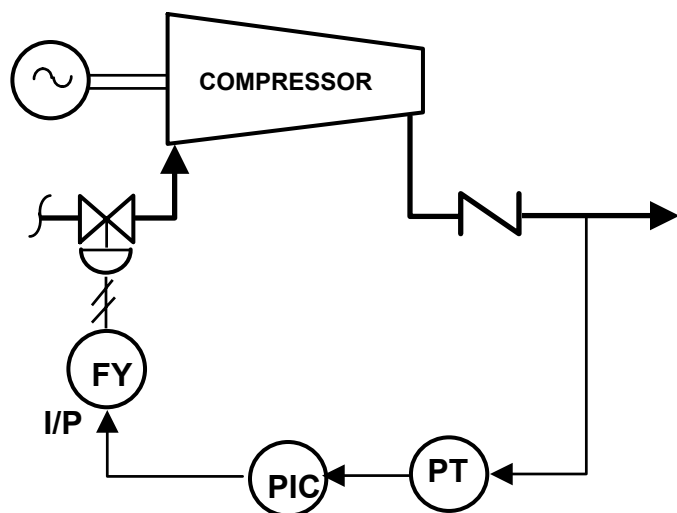
- Служит для стабилизации основного технологического параметра
- Регулируется поступление энергии воздействием на скорость вращения, направляющие аппараты или дросселирующий клапан на всасе
- Поддерживается соответствие между нагрузкой и производительностью компрессора
- Можно регулировать
 - Давление в нагнетании
 - Давление во всасывании
 - Степень сжатия
 - Объемный или массовый расход

Регулирование процесса дросселированием в нагнетании компрессора



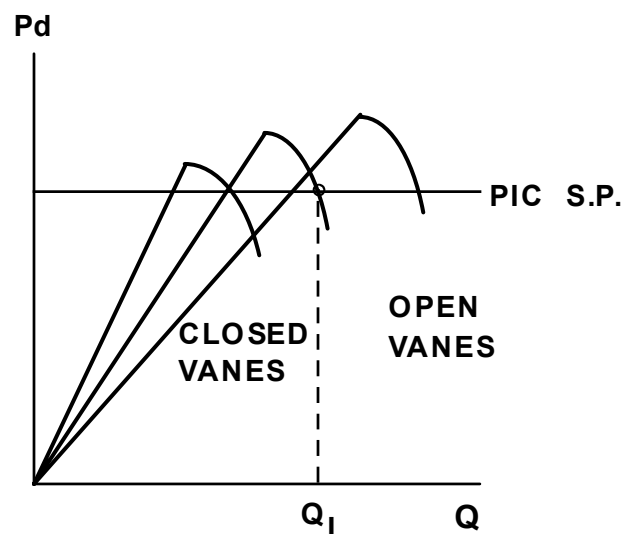
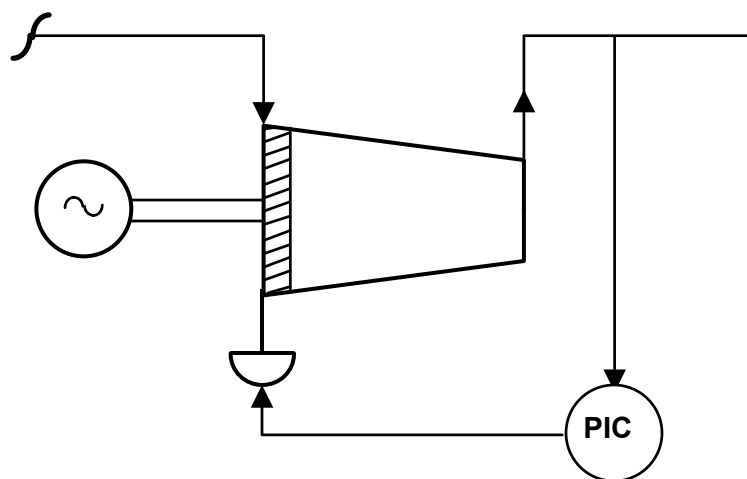
- Компрессор работает в точке A
- Требования нагрузки – точка B
- ΔP_v - падение давления на клапане, применяется редко
 - Эффективность низкая
 - Не рекомендуется

Регулирование дросселированием на всасе



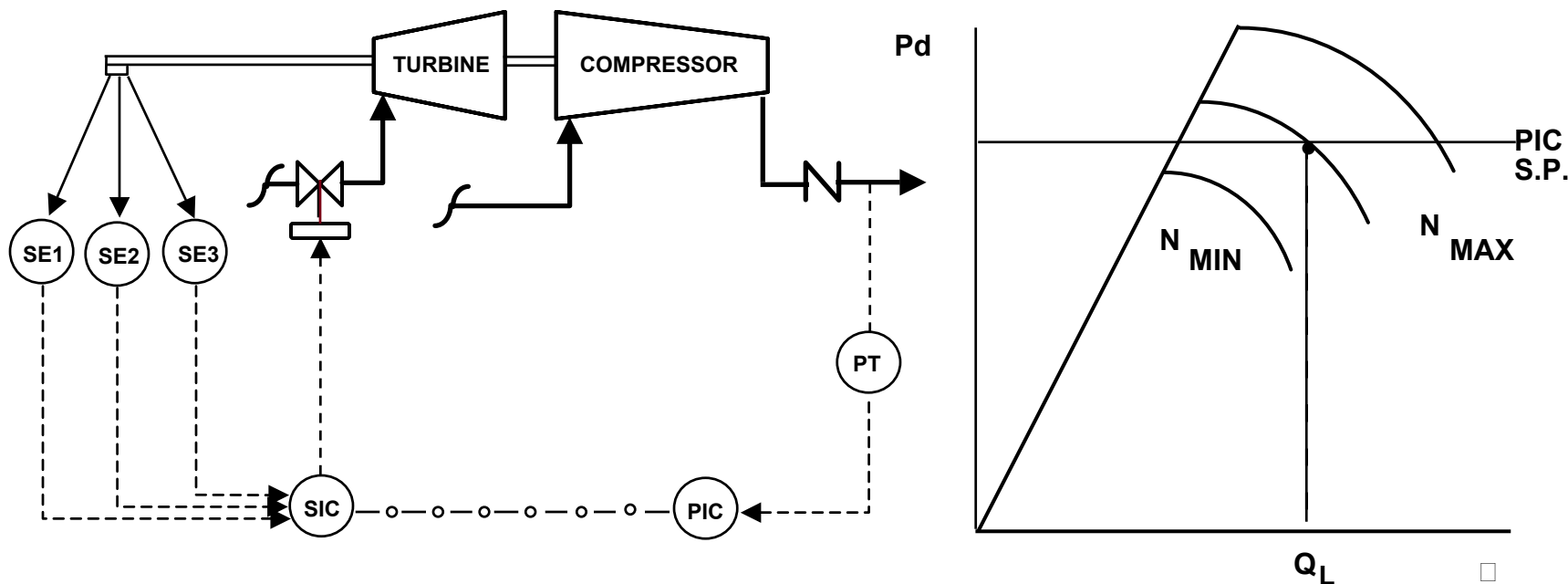
- Характеристика смещается вниз
- Применяется для электроприводных машин
- Более эффективно, чем дросселирование в нагнетании

Регулирование направляющими аппаратами



- Более эффективно, чем дросселирование во всасе или в нагнетании

Регулирование изменением скорости

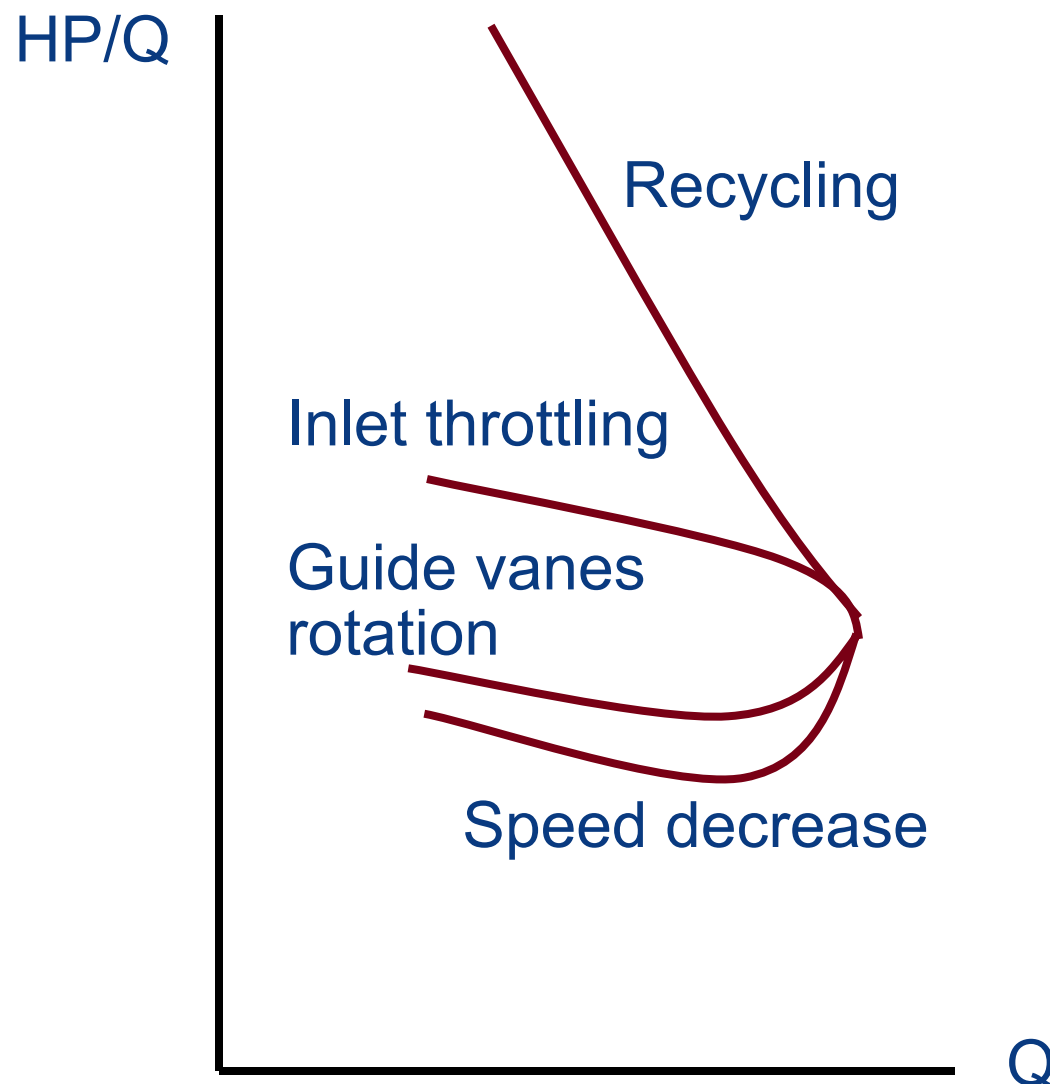


- Наиболее эффективный метод
- Мощность $\Omega = F(N)^3$

Предельное регулирование вторичных переменных

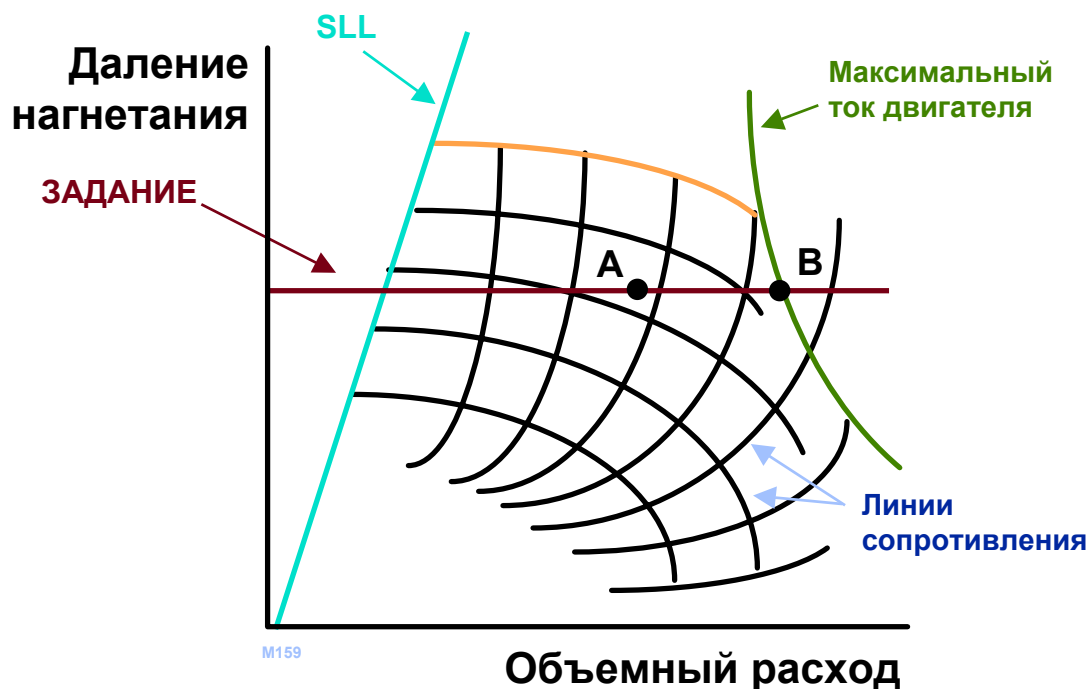
Основная переменная	Вторая переменная
Давление нагнетания	Макс. ток двигателя
Давление всасывания	Макс. давление нагнетания
Массовый расход	Мин. давление всасывания
Степень сжатия	Макс. температура газов ГТУ

- В одной Системе интегрированы функции регулирования и противоаварийной защиты



Предельное Регулирования

- Основная переменная давление нагнетания
- Вторичная переменная подменяет основную в точке В
- Рабочая точка лежит на линии ограничения по току привода
- Аналогично может ограничиваться другая переменная





Устройства для измерения расхода

- Основными требованиями к датчикам расхода являются повторяемость показаний и высокое соотношение сигнал-шум. Точность измерения расхода существенного значения не имеет.
- Наиболее предпочтительным местом установки измерительного устройства является линия всасывания компрессора. Измерительное устройство следует устанавливать как можно ближе к компрессору.
- Антипомпажные регуляторы ССС содержат алгоритмы пересчета ΔP_0 , измеренного в нагнетании, на условиях всасывания
- Инерционность устройств измерения расхода должна быть минимально. Наиболее часто применяются датчики расхода, основанные на принципе измерения перепада давлений на сужающем устройстве диафрагме (сопле Вентури).



Устройства для измерения расхода

- Рекомендуется, чтобы соответствующий максимальному расходу компрессора перепад на сужающем устройстве был не менее 25 мм возд.столба
- Длина импульсных трубок от сужающего устройства к датчику-преобразователю должна быть минимальной, а диаметр не менее 8 мм.
- При выборе типа преобразователей расхода и давления следует руководствоваться двумя главными факторами:
 - Надежность
 - постоянная времени < 120 мсек.

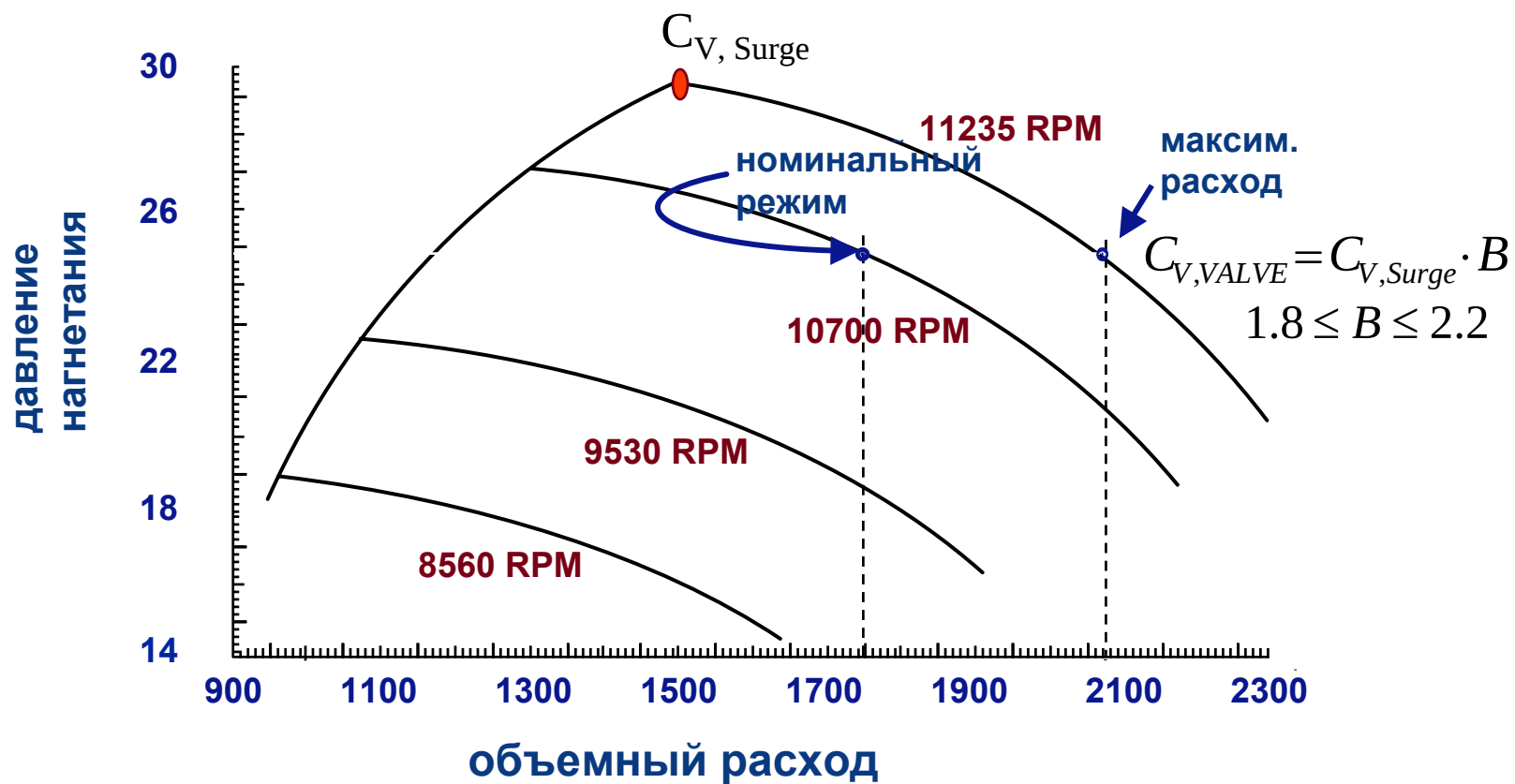


Антипомпажный клапан

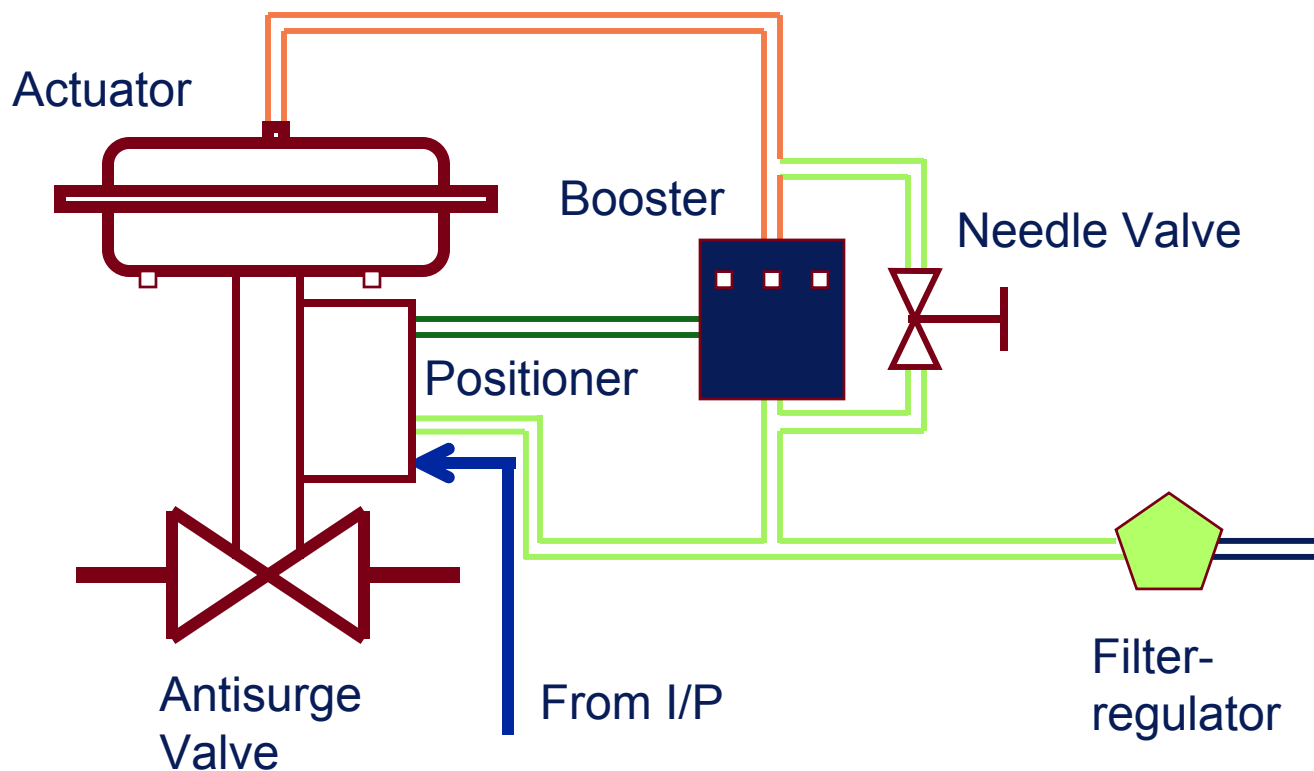
- **Размер клапана должен быть рассчитан на наихудшие возможные режимы работы компрессора с учетом всех параметров**
- **ССС рекомендует, чтобы при полном открытии клапан обеспечивал расход в 1.8 раз превышающий расход в точке помпажа при максимальной скорости вращения компрессора**
- **Скорость открытия клапана должна соответствовать самым быстрым из возможных возмущений**
- **ССС рекомендует, чтобы время полного перемещения клапана было не более 2 сек**
- **Антипомпажный клапан должен быть нормально открытым**

Выбор размера клапана

Клапан рассчитывается на расход,
соответствующий $C_{V,Valve}$

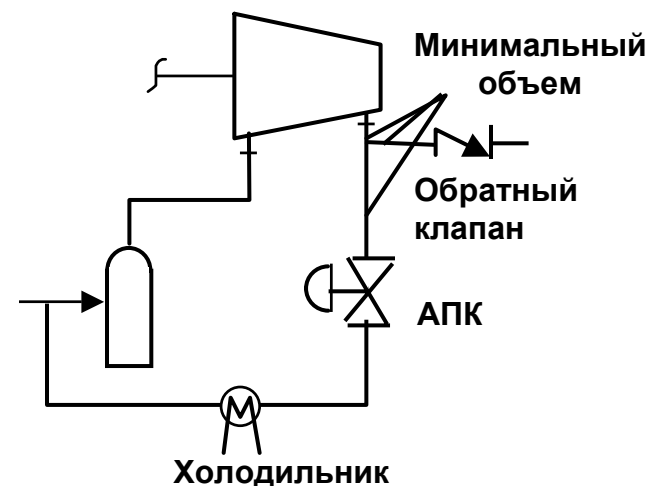


Обеспечение высокого быстродействия клапана



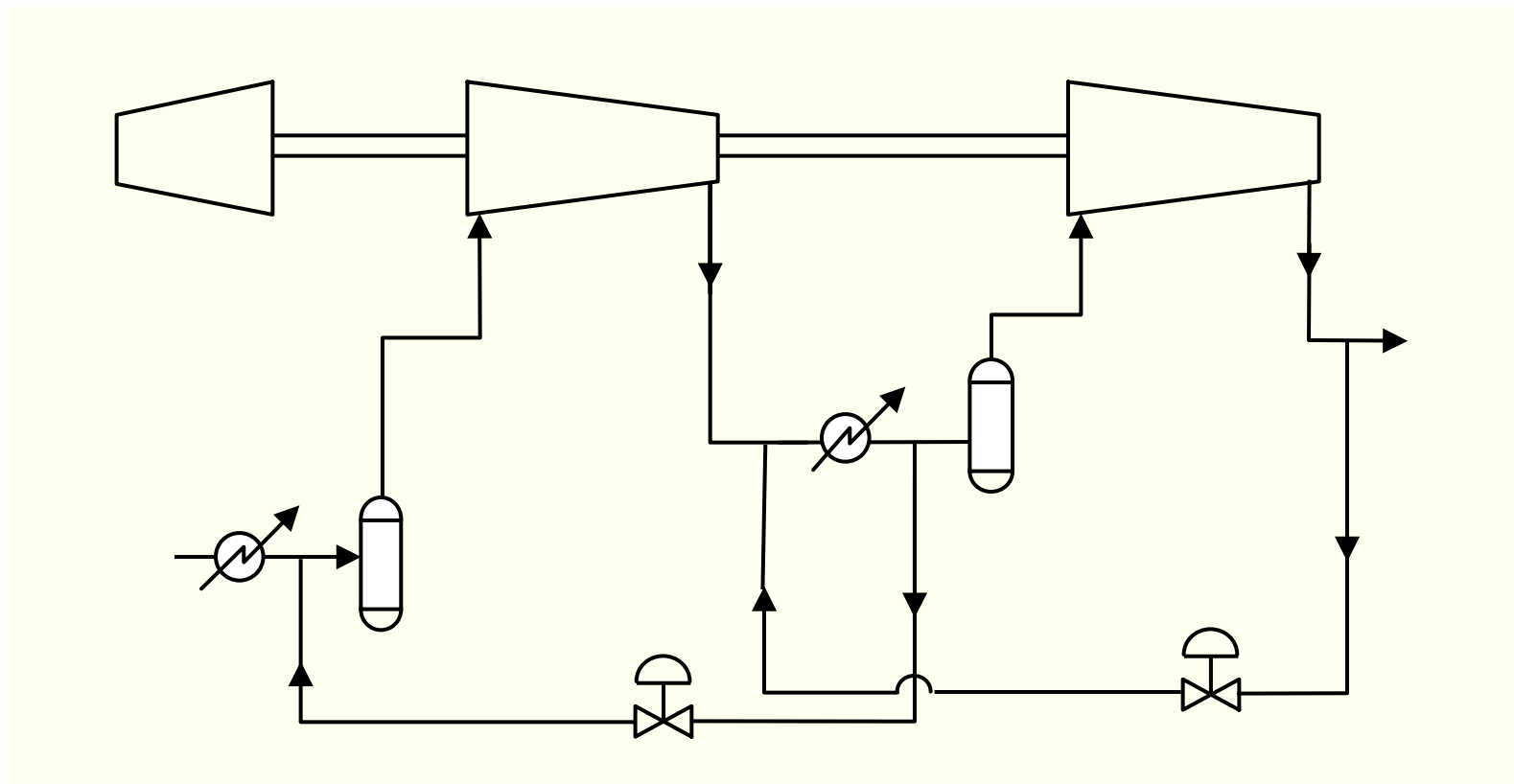
Установка антипомпажного клапана

- Рекомендуется устанавливать АПК до обратного клапана в нагнетании и как можно ближе к компрессору. Объем между компрессором, АПК и обратным клапаном должен быть минимальным. Трубы до и после клапана не должны снижать пропускную способность клапана.
- Если рециркулируемый газ требуется охладить, то холодильник следует устанавливать после АПК.
- Рекомендуется, чтобы рециркулируемый газ и мел молекулярный вес не ниже, чем газ в компрессоре.



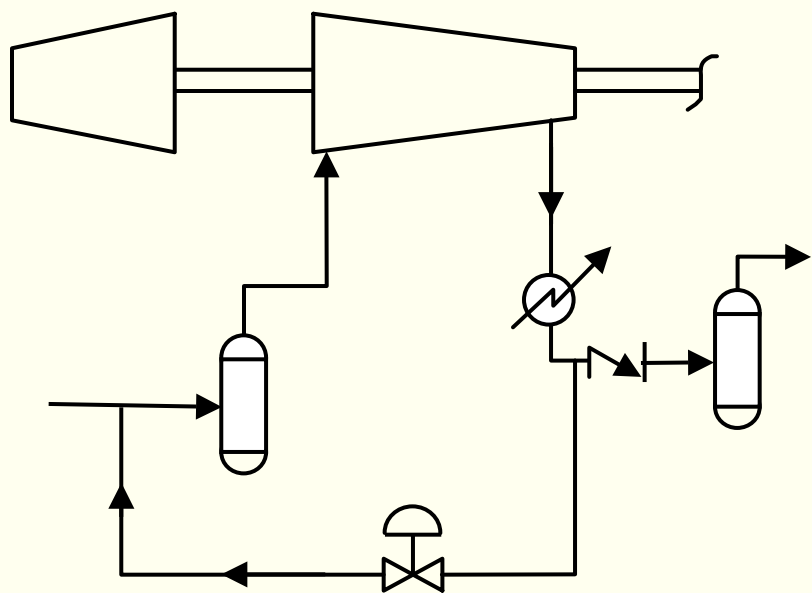
- Надежная работа обратного клапана является важным условием эффективной работы системы антипомпажного регулирования.

Расположение Клапанов

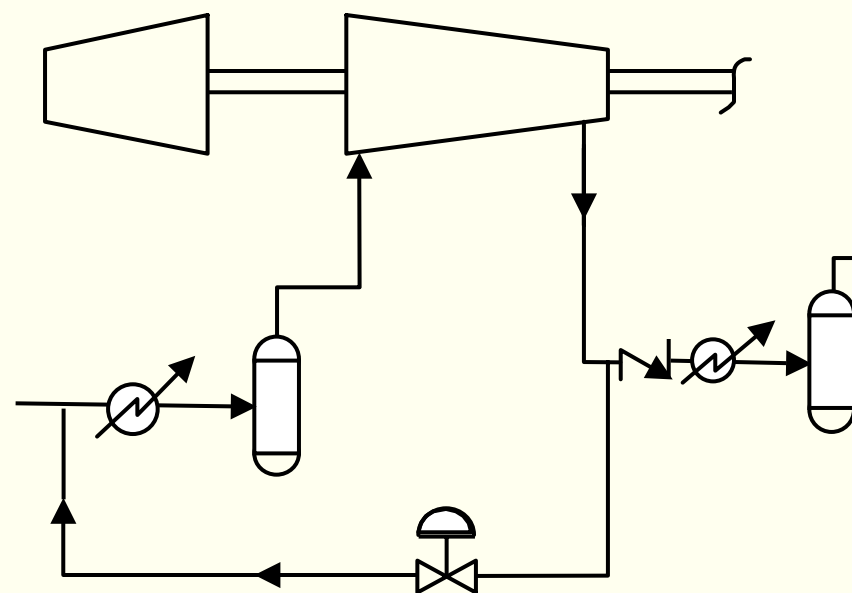




Врезка линии рециркуляции до холодильника повышает быстродействие системы защиты

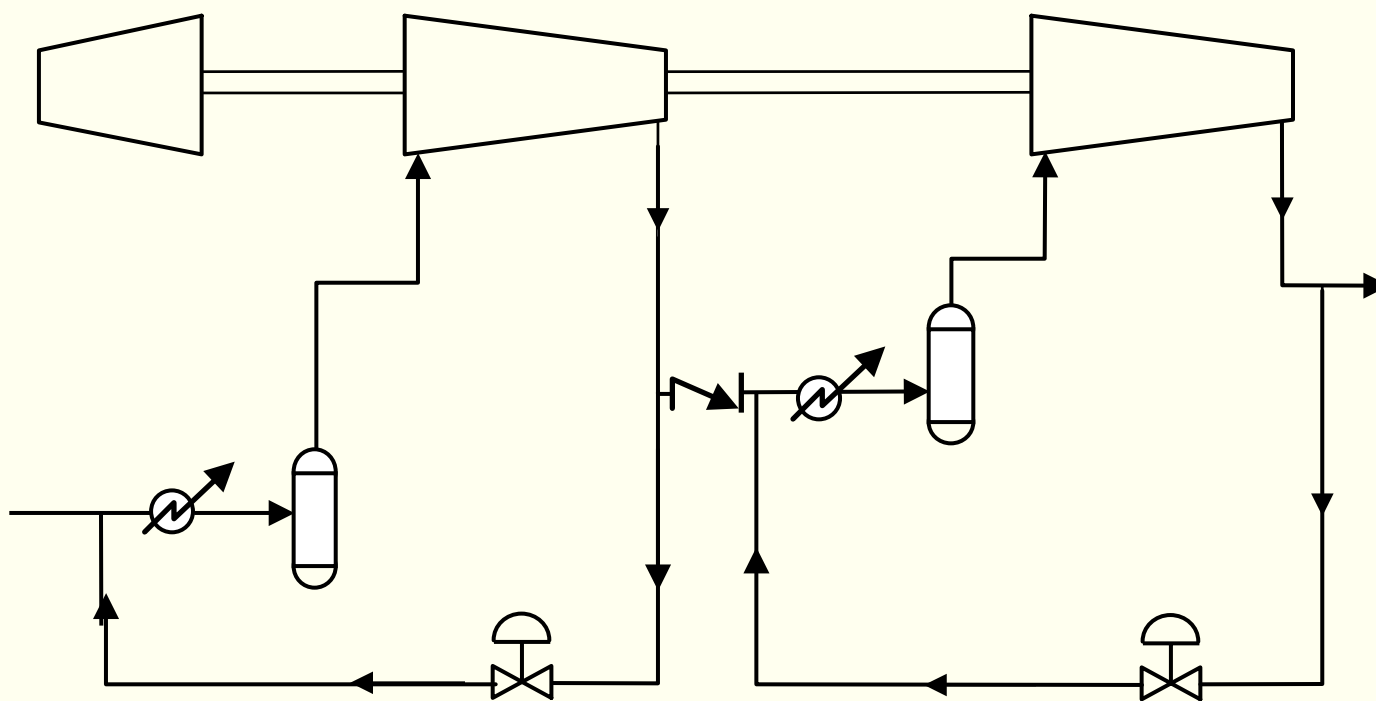


**Схема с выделением
жидкости в клапане**



Рекомендуемая схема

Оптимальная схема установки антипомпажных клапанов для двухсекционного компрессора

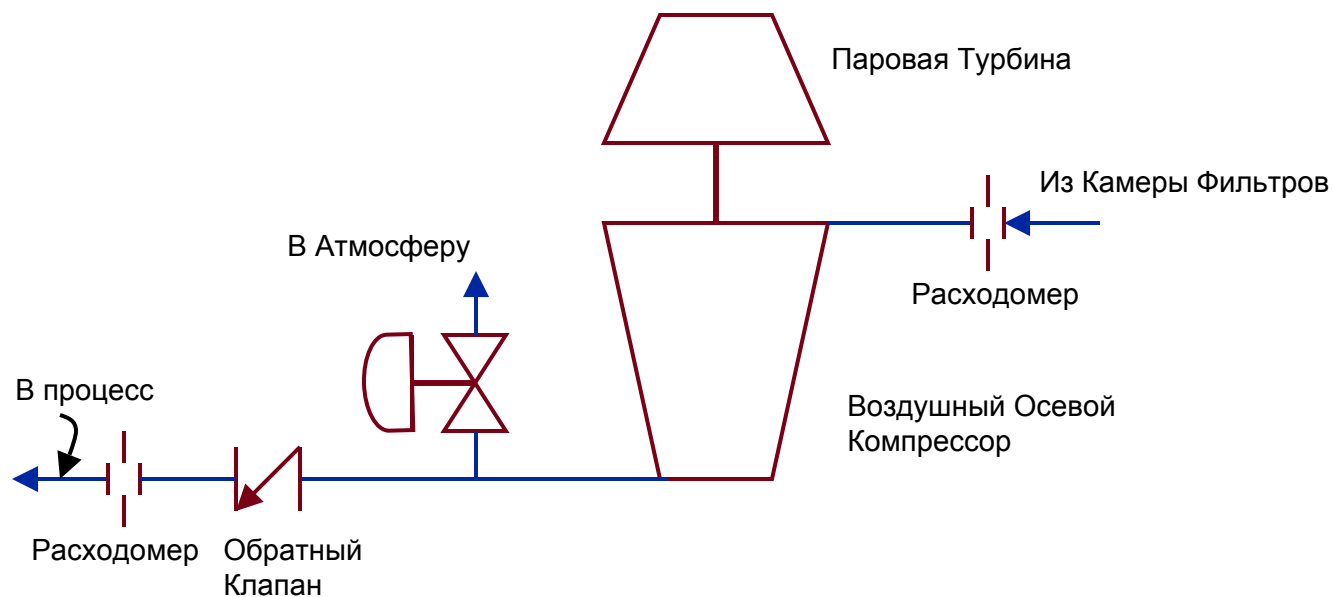




Воздушный Компрессор

- Компрессор получает воздух из камеры фильтров.
- Во всасывании он имеет измерительное устройство по расходу.
- В нагнетательном коллекторе имеются выпускной и обратный клапаны.
- После обратного клапана сжатый воздух подаётся в процесс
- Точное поддержание заданного весового расхода воздуха - одно из основных требований процесса.

СХЕМА ВОЗДУШНОГО КОМПРЕССОРА





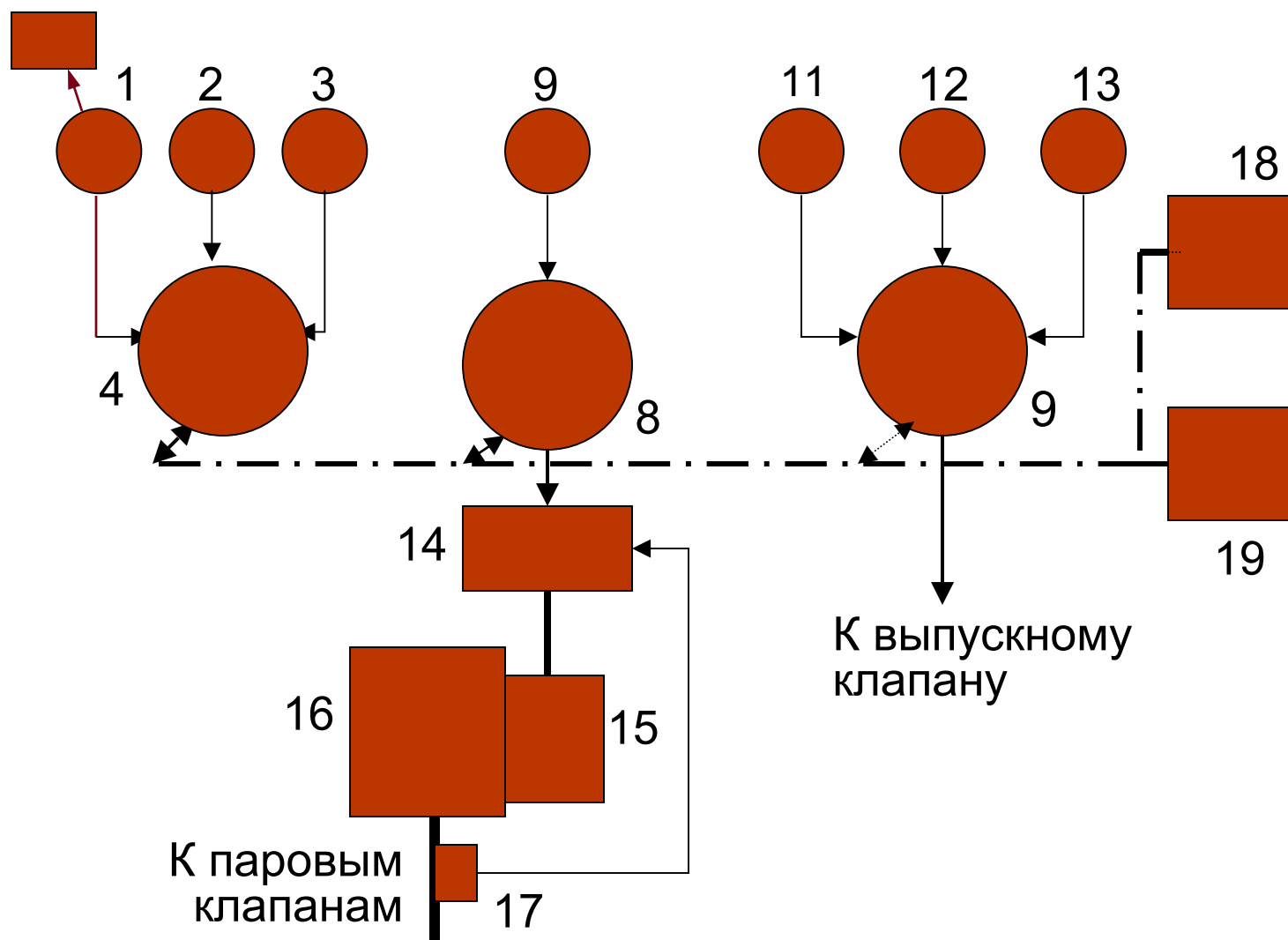
НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ САР ВОЗДУШНЫХ КОМПРЕССОРОВ

- В большинстве случаев, поставляемая с воздушным компрессором система не решает задачи точного поддержания расхода подаваемого в процесс воздуха.
- Часто регулятор расхода в качестве своего регулируемого параметра использует перепад на всасывающем измерительном устройстве по расходу.
- В этом случае регулятор расхода не регулирует весовой расход дутья, а при открытии противопомпажного клапана и вообще не регулирует расход подаваемого в регенератор воздуха.
- Противопомпажное регулирование как правило неэффективно.
- Отсутствует автономность регулирующих контуров.



ПРИНЦИПЫ СОВРЕМЕННОЙ САР ВОЗДУШНОГО КОМПРЕССОРА

- Между тем, систему регулирования подачи воздуха в процесс можно коренным образом улучшить и автоматизировать, модернизировав существующую САР.
- Принципиальная схема современной системы показана на следующем слайде





ОПИСАНИЕ САР

- PID модуль весового расхода 4 использует в качестве своего регулируемого параметра вычисленный им весовой расход воздуха через измерительное устройство, установленное в нагнетании, после врезки выпускного клапана.
- Для вычисления используются сигналы 3-х датчиков:
 - перепада давлений на расходомере 1,
 - давления нагнетания 2
 - и температуры 3.
- Через задатчик расхода регулятор 4 получает задания по весовому расходу дутья.
- Шток сервомотора 16 связан с устройством обратной связи 17 по положению сервомотора.



ОПИСАНИЕ САР

- Модуль 4 управляет по каскадной схеме модулем 8 скорости паровой турбины.
- Модуль 8 меняет мощность паровой турбины агрегата, управляя сверхточным и исключительно быстрым электромеханическим преобразователем 14.
- Преобразователь 14 перемещает штатный отсечной золотник, а следовательно и поршень сервомотора 16 паровых клапанов.
- Шток сервомотора 16 связан с устройством обратной связи 17 по положению сервомотора.



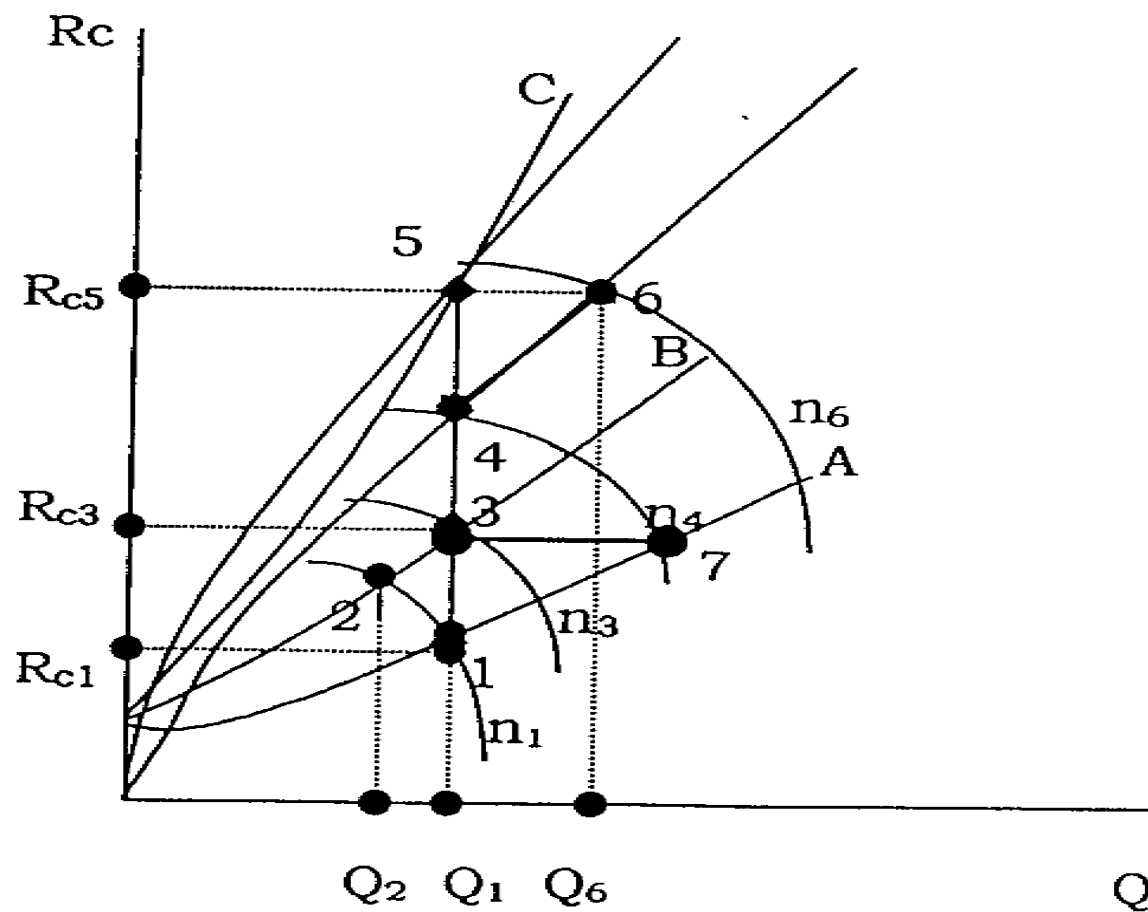
ЗАПУСК

- После получения сигнала о запуске, логическая часть Модуля 8 осуществляет управлением прогревом турбины и выводом её на холостой ход.
- При этом выпускной клапан открыт.
- После выхода турбины на холостой модуль регулирования расхода увеличивает изначально минимальное задание с заданной скоростью до требуемого уровня, увеличивая при этом скорость агрегата.
- По мере увеличения расхода воздуха Модуль 9 прикрывает выпускной клапан.

Пример №1

- Исходная рабочая точка компрессора-точка 1, а сопротивление сети нагнетания соответствует характеристике А.
- При этом положение скорость компрессора n_1 , степень сжатия равна RC_1 , расход через компрессор- Q_1 , а выпускной клапан закрыт.
- Сопротивление процесса выросло и его характеристика переместилась в положение В.
- САР, препятствуя снижению расхода на регенератор, увеличивает скорость до величины n_3 , перемещая рабочую точку в положение 3.

ПРИМЕРЫ РАБОТЫ



Пример №2

- Допустим, что сопротивление процесса продолжает расти.
- Его новое положение - С.
- САР при этом увеличивает скорость, стараясь удержать расход воздуха на заданном уровне.
- При скорости n_4 рабочая точка достигает линии настройки контура противоположного регулирования.
- С этого момента САР одновременно с увеличением скорости открывает выпускной клапан.
- И наоборот, открытие выпускного клапана увеличивает скорость



ПРИМЕРЫ РАБОТЫ

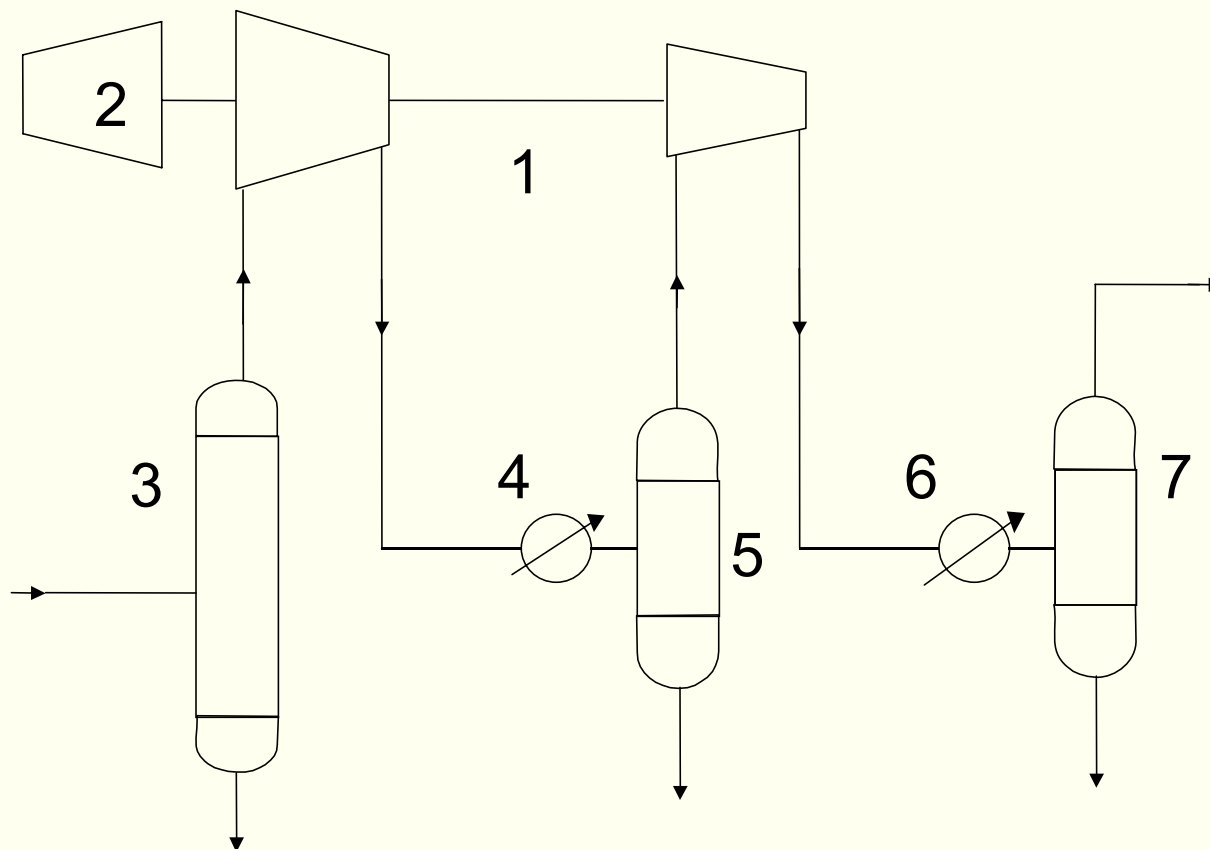
- В результате, рабочая точка движется вдоль линии настройки контура противопомпажного регулирования пока не достигнет положения 6.
- Воздух (Q5-Q6) выпускается при этом в атмосферу, в то время как процесс получает заданный расход воздуха $Q5=Q1$.



КОМПРЕССОР ГАЗА С ПЕРЕМЕННЫМ СОСТАВОМ

- Принципиальная схема процесса сепарации, включающего центробежный компрессор, приведена на следующем слайде.
- В большинстве случаев это двухсекционный компрессор с промежуточным охлаждением газа и с паровой турбиной в качестве привода.
- Газ из установки каталитического крекинга поступает в сепарационную колонну 3 для отделения остатков жидкости.
- Из колонны 3 газ поступает во всасывание первой секции центробежного компрессора 1, сжимается, охлаждается в промежуточном холодильнике 4 и поступает на сепарацию в колонну 5.
- В колонне 5 удаляются высокомолекулярные фракции и более легкий газ поступает во вторую секцию компрессора газ вновь сжимается, охлаждается в холодильнике 6 и вновь сепарируется в колонне 7.

КОМПРЕССОР ГАЗА С ПЕРЕМЕННЫМ СОСТАВОМ





КОМПРЕССОР ЖИРНОГО ГАЗА

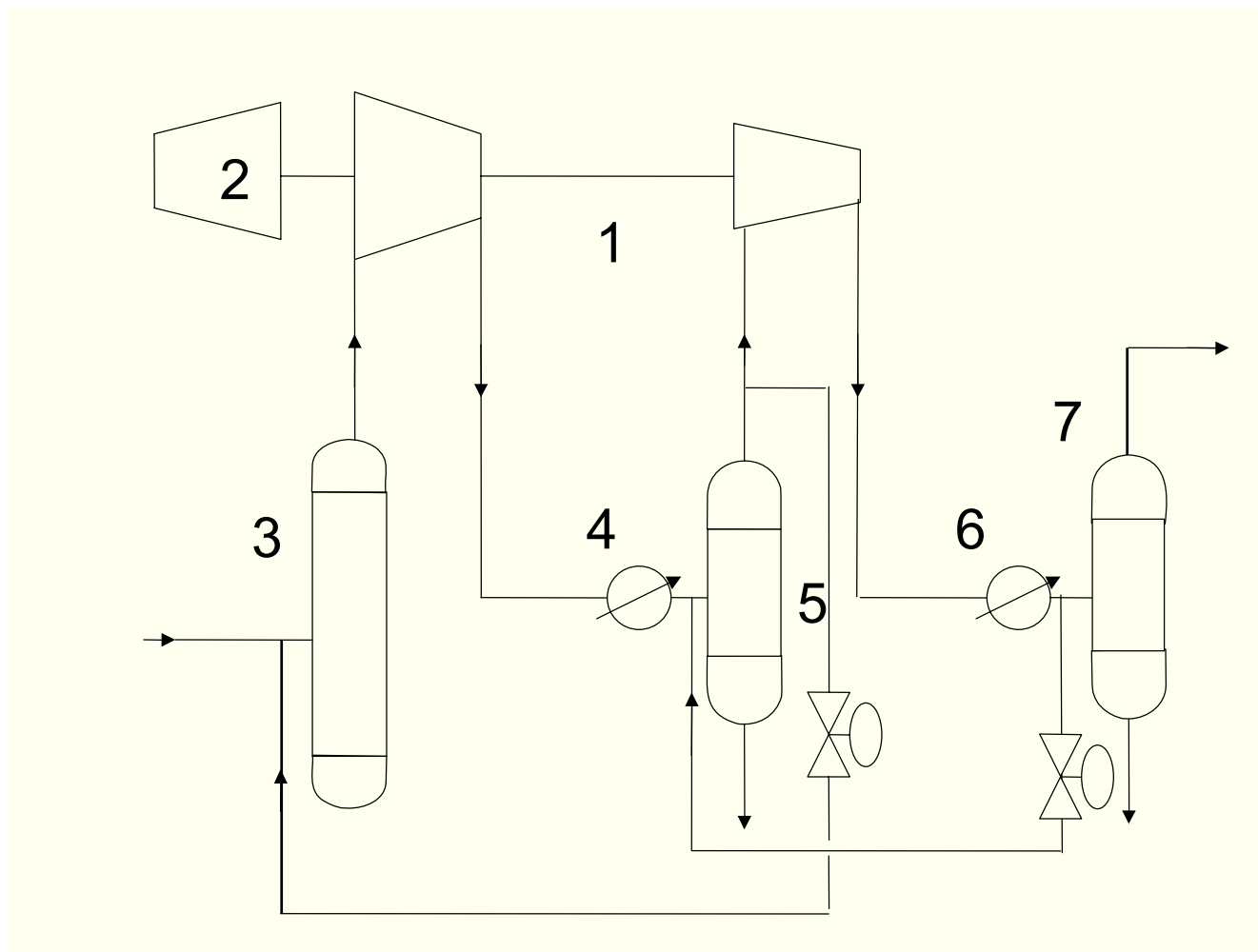
- **Требование процесса - поддержание как можно более низкого давления в колонне 3 на заданном уровне, вне зависимости от колебаний расхода газа из процесса и колебаний состава газа.**
- **Режим работы компрессора 1 может меняться в широком диапазоне.**
- **Регулирование давления в колонне 3 осуществляется обычно изменением скорости приводной паровой турбины 2.**
- **САР таких компрессоров, применяемые в странах СНГ, как правило страдают следующими недостатками:**



КОМПРЕССОР ЖИРНОГО ГАЗА

- Противопомпажное регулирование не учитывает переменность состава газа;
- Трубная обвязка в линиях противопомпажных рециркуляционных клапанов часто выполнена неверно и без учета переменности состава газа.
- Отсутствует интегрирование отдельных регулирующих контуров.

НЕПРАВИЛЬНАЯ ОБВЯЗКА

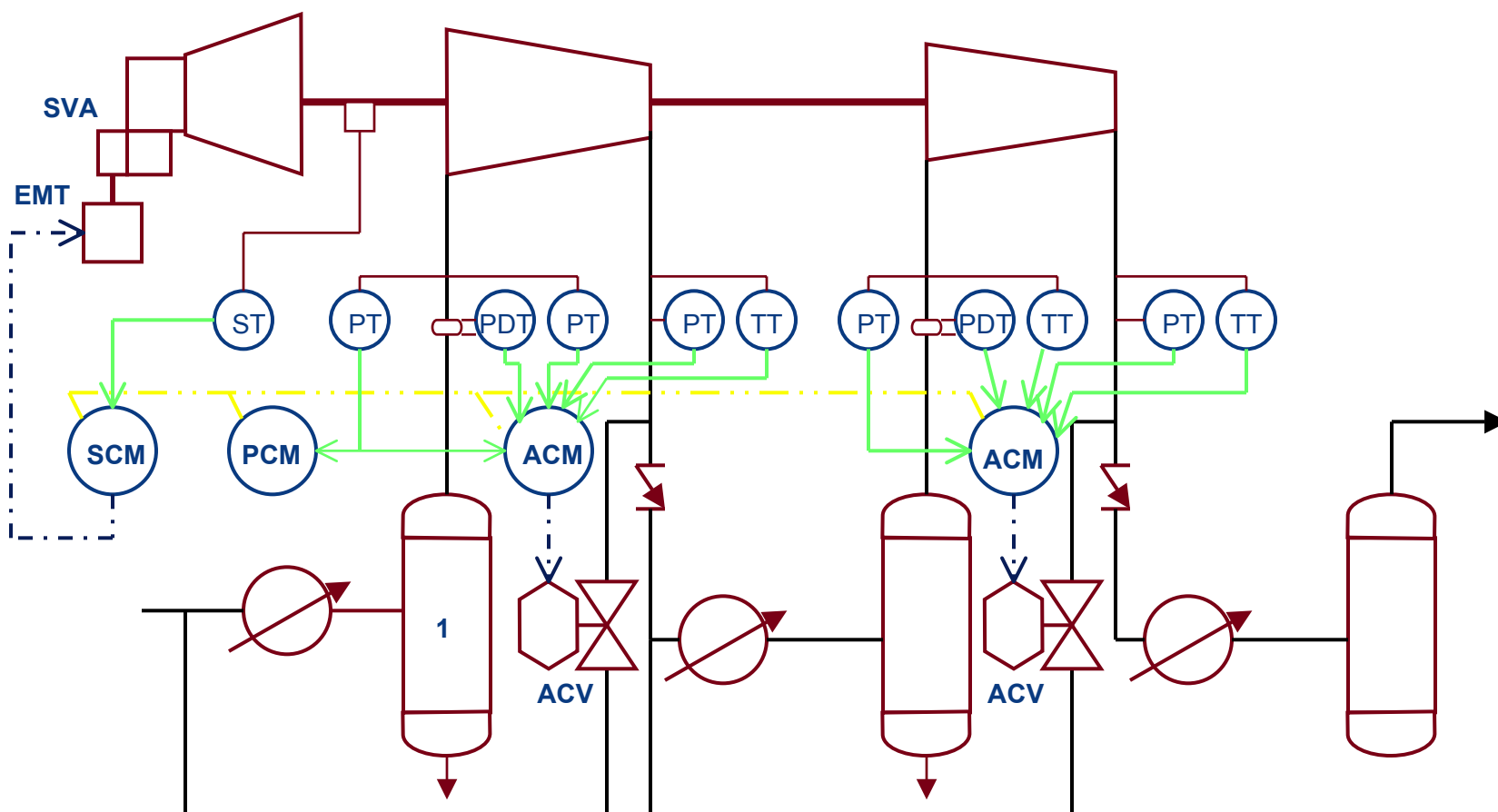




ПРАВИЛЬНАЯ ОБВЯЗКА

- На следующем слайде дана принципиальная схема регулирования компрессора газа с переменным составом, рекомендуемая ССС.
- Главный Регулирующий Модуль Процесса РСМ поддерживает на заданном уровне давление во всасывающей сепарационной колонне 1.
- РСМ управляет по каскадной схеме заданием Модулю Регулирования Скорости SCM.

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРА ЖИРНОГО ГАЗА





КОМПРЕССОР ЖИРНОГО ГАЗА

- **SCM в свою очередь управляет электромеханическим преобразователем EMT, перемещающим Главный Отсечной Золотник Сервомотора Паровых Клапанов SVA.**
- **Противопомпажное регулирование каждой из двух секций компрессора жирного газа осуществляется Противопомпжным Регулирующим Модулем ACMi.**
- **Каждый Противопомпжный Регулирующий Модуль управляет Своим Противопомпжным Регулирующим Клапаном ACVi.**
- **При этом учитывается возможное изменение состава газа.**
- **Перепуск газа осуществляется так, чтобы он не влиял на состав газа.**
- **Система автономна - все Регулирующие Органы интегрированы для предотвращения отрицательного взаимовлияния Регулирующих Модулей.**



КОМПРЕССОРЫ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА

- В целом ряде процессов применяются компрессоры, компримирующие смесь газов с большим содержанием водорода.
- В большинстве случаев эти компрессоры используются в рециркуляционных системах.
- Существующее мнение о том, что эти машины не требуют противопомпажного регулирования - ошибочно.
- Меняющийся в широких пределах состав компримируемого газа даже при постоянном сопротивлении сетей нагнетания и всасывания может привести к помпажу.
- На следующем слайде приведена система регулирования водородного компрессора



ПРОИЗВОДСТВО ЭТИЛЕНА

- **Процесс производства этилена обслуживается обычно четырьмя компрессорами:**
 - пропиленовым холодильным,
 - этиленовым холодильным,
 - пирогазовым и тепловым насосом.
- **Многосекционные холодильные машины имеют обычно промежуточные подводы газа**
- **Пирогазовый компрессор также сложный, многосекционный агрегат, сжимающий газ переменного состава.**



Регулирование холодильного компрессора

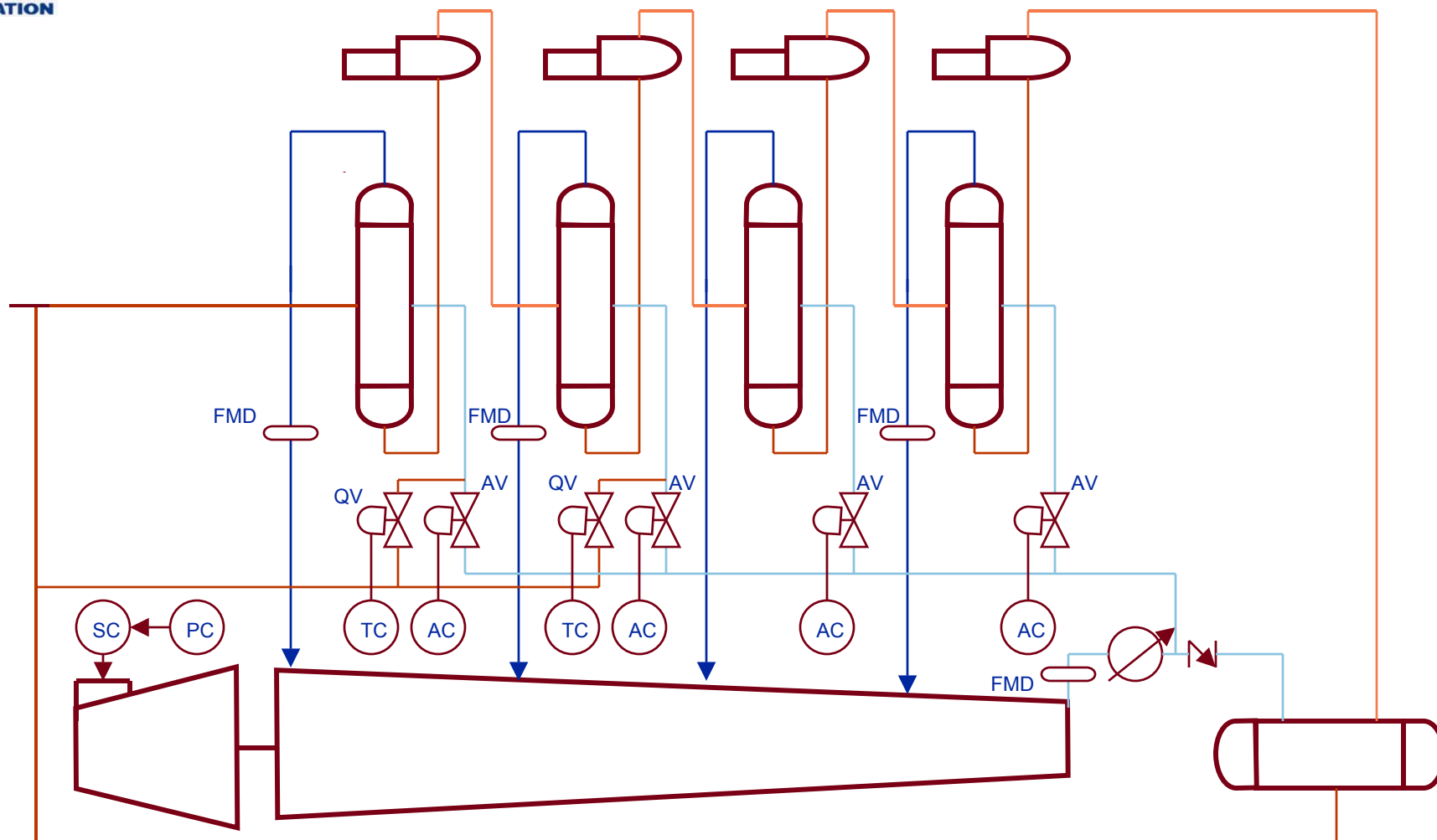
- Задачей системы регулирования холодильного компрессора с промежуточными подводами газа является поддержание заданного давления в сепарационном барабане первой или второй секции, которое соответствует определенной температуре.
- Обычно холодильные компрессоры - машины большой мощности с приводами от паровых турбин, часто с отборами пара.
- Производительность этих машин управляется изменением скорости вращения приводных турбин.
- Системы регулирования - многоконтурные.
- Помимо контуров регулирования давления и скорости они содержат контуры противоположного регулирования и температуры.



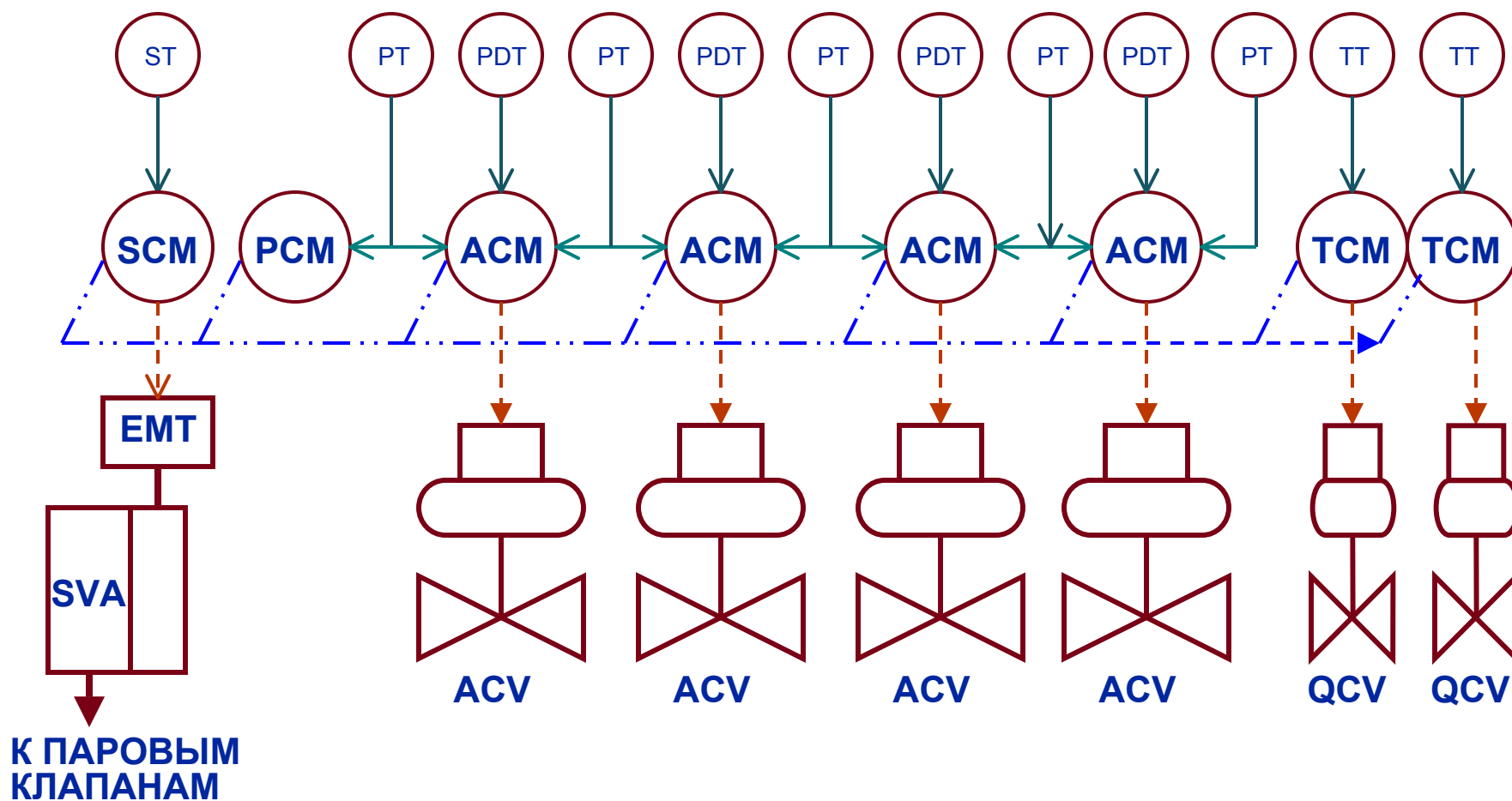
Регулирование холодильного компрессора

- **Основные трудности связаны:**
 - А) с определением расхода во всасывании каждой секции*
 - В) с обеспечением правильного взаимодействия отдельных контуров регулирования.*
- **ССС имеет богатый опыт в решении всей гаммы проблем, связанных с регулированием компрессоров, имеющих промежуточные подводы газа.**
- **На следующих 2-х слайдах приведена схема регулирования четырёхсекционного пропиленового компрессора.**

Регулирование холодильного компрессора



Регулирование холодильного компрессора





Регулирование холодильного компрессора

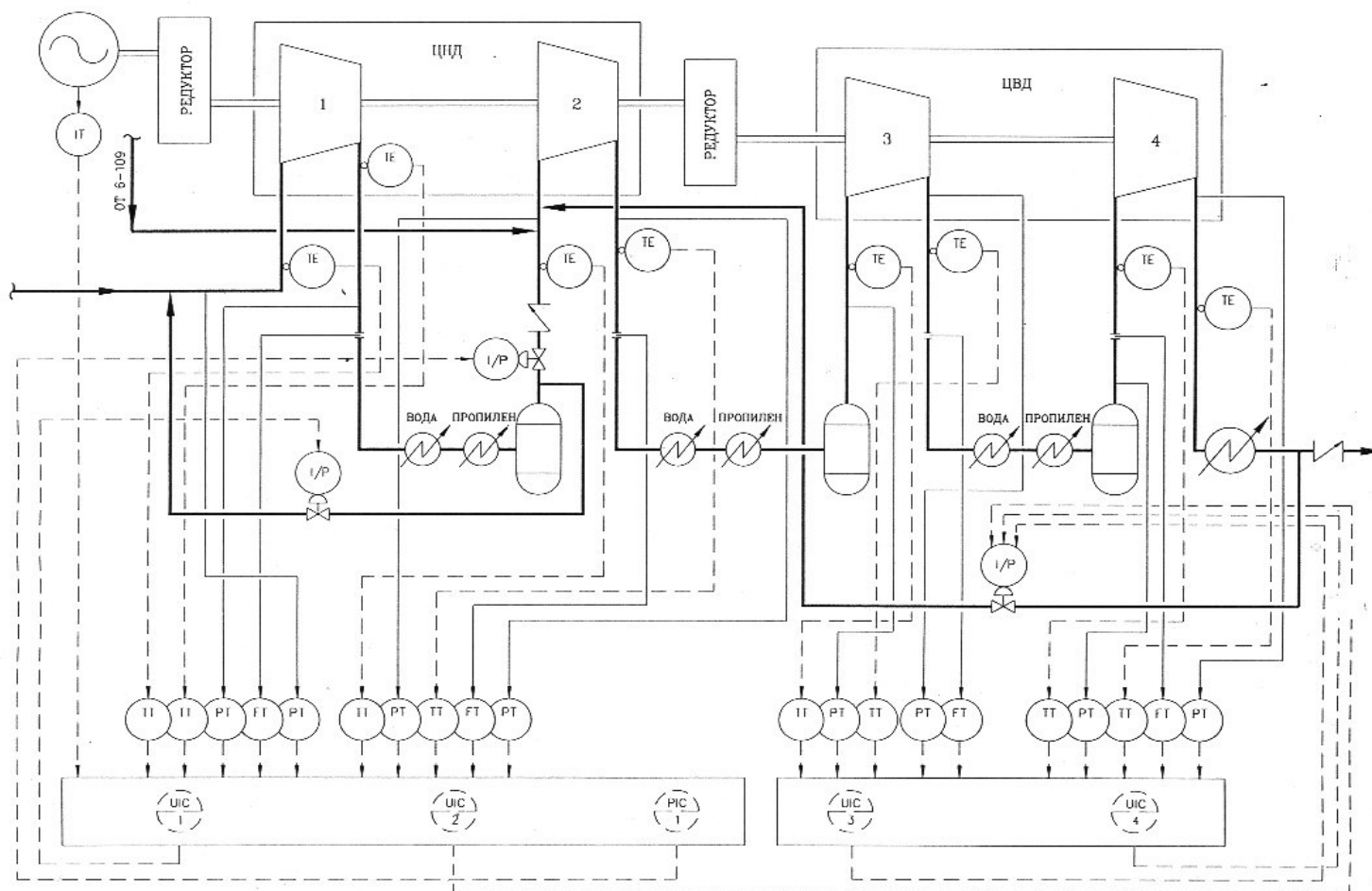
- Модуль Регулирования Давления РСМ поддерживает на заданном уровне давление во всасывающем барабане первой секции
- Давление поддерживается изменением скорости приводной паровой турбины
- Для целей регулирования скорости РСМ соединен по каскадной схеме с Модулем Регулирования Скорости SCM
- SCM управляет Электромеханическим Преобразователем EMT типа EXLAR, перемещающим отсечной золотник Главного Сервомотора паровых клапанов SVA
- Четыре противопомпажных клапана, управляемые соответствующими Модулями Противопомпажного Регулирования ACM, перепускают газ из нагнетания компрессора в соответствующие сепарационные барабаны, установленные во всасывании каждой секции компрессора
- Для предотвращения роста температуры при перепуске в барабаны первой и второй секций два Модуля Регулирования Температуры управляют впрыском жидкости в линии перепуска посредством открытия клапанов QCV.
- Многоконтурная САР осуществляет все алгоритмы CCC



ПИРОГАЗОВЫЙ КОМПРЕССОР

- Регулирование Пирогазового Компрессора во многом напоминает уже описанное регулирование Компрессора газа с переменным составом
- Особое внимание должно быть уделено правильному расположению линий перепуска газа, учёту переменного состава газа при выборе уравнения границы помпажа и взаимодействию контуров в Многоконтурной САР

ПРИМЕР РЕГУЛИРОВАНИЯ ПИРОГАЗОВОГО КОМПРЕССОРА





ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПЛАТФОРМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ССС

- В настоящее время все САР, поставляемые ССС, базируются на инструментальной платформе ***SERIES 4*** этой фирмы
- ССС завершила серию промышленных испытаний совершенно новой платформы - ***SERIES 5***.
- ***SERIES 5*** уже работает на нескольких объектах



Series 5 существенно уменьшает различие между САР общего назначения и специализированными САР

- Системы Регулирования Общего назначения открыты, но...
 - Страдают отсутствием специализированных прикладных программ и технологического know-how;
 - Почти всегда не обеспечивают необходимых для турбомашин эксплуатационных качеств, например быстродействия;
 - Почти всегда не имеют операционных систем, обеспечивающих детерминизм, и по-настоящему способных одновременно решать несколько задач;
 - Часто не обеспечивают возможность менять настройки во время работы.
- Специализированные системы обеспечивают высокие эксплуатационные качества, но...
 - Не имеют таких стандартных инструментов и поддержки, как системы общего назначения;
 - Имеют нестандартную архитектуру и нестандартную связь с оператором;
 - Потребителю такие системы представляются как некий “чёрный ящик”;
 - Их эксплуатация более дорога.



Series 5 Платформа

- **В отличие от PLCs общего назначения Series 5 обеспечивает...**
 - **Высокое быстродействие**
 - Пример: Время обмена в системе топливного регулирования газовой низкоэмиссионной турбины меньше 10 мсек.
 - **Решение сложных вычислительных задач**
 - Пример: Более медленные вычисления в сложных диагностических программах, в программах вибрационного анализа и симуляции процесса могут осуществляться параллельно с быстрыми задачами регулирования.
 - **Очень короткие промежутки между обновлениями входов и выходов**
 - Скорость обмена 1 мсек позволяет обнаруживать дефекты сигнала еще до того, как он используется в алгоритмах управления.
 - **Сокращение времени и стоимости инженерных разработок**
 - В прибор уже заложены разработанные и оттестированные алгоритмы.



Series 5

Открытые Стандарты

- В отличие от большинства так называемых «закрытых систем», Series 5 основан на уже хорошо себя зарекомендовавших стандартах:
 - так называемых «открытых стандартах» сPCI
 - Power PC CPU
 - Дистанционных I/O (входы/выходы), осуществленных при помощи Profibus
 - «открытых стандартах» программного обеспечения
 - IEC-61131 Среда программирования
 - «открытых стандартах» коммуникаций
 - 10 Base-T/FL Ethernet (TCP/IP and OPC)
 - 16-bit Modbus RTU
- Series 5 соответствует международному стандарту IEC Публикация 654, Часть 1 (1993)
 - Условия работы
 - Уровень C1 (-5 to +50 °C)
 - Условия хранения
 - Уровень C2 (-40 to + 60 °C)



Series 5 vs. S3+ and S4

- Инженеры могут создавать приспособленное к требованиям заказчика периферийное программное обеспечение
- Дистанционные входы/выходы
- Ethernet коммуникации с OPC-сервером (программная технология на базе моделей компонентных объектов, поддерживающая автоматизацию техпроцессов и интерфейсов доступа к ним)
- Заводы-изготовители турбооборудования могут использовать стандарт IEC-61131 для создания своих программ.



Series 5 The Product Family

Vanguard

- cPCI
- Возможность увеличивать количество I/O
- FTA-терминалы для локальных I/O
- Возможность применения дистанционных I/O
- Ethernet & Серийные коммуникации



Reliant

- Закрепление в панели или на стене
- Фиксированное количество I/O
- Локальные или FTA терминалы
- Серийные коммуникации





Vanguard

- Имеет гибкую конфигурацию аппаратного обеспечения
- Возможность резервирования
- Возможность замены модулей на ходу
- Снабжен средствами развития
- Построен на базе общедоступных стандартов
- Размеры плат соответствуют Европейскому стандарту
- Предусматривает заднее подключение сигналов и питания





Vanguard

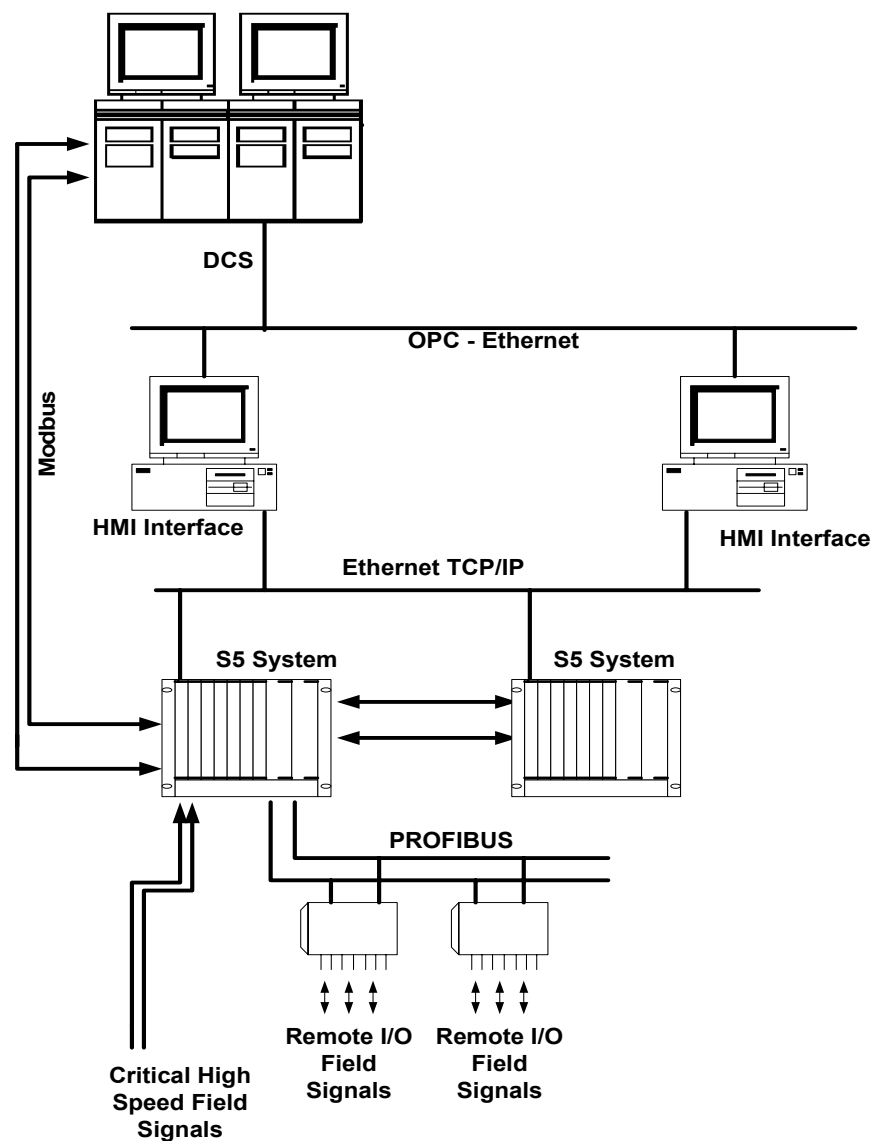
- **Стандарты и унифицированные решения**
 - **Аппаратурные стандарты и решения**
 - Шасси на базе стандарта cPCI
 - Унифицированные модульные преобразователи местного и дистанционного ввода/вывода
 - **Решения в области программного обеспечения**
 - Полномасштабная поддержка стандарта IEC-61131
 - Операторский интерфейс на базе Windows 2000 (включая OPC и ActiveX)
 - **Коммуникационные и сетевые стандарты и решения**
 - Скоростной протокол на базе стандарта 10 Base-T Ethernet (TCP/IP)
 - Индустриальный скоростной протокол Profibus DP
 - Поддержка 16-битовой версии стандарта Modbus RTU



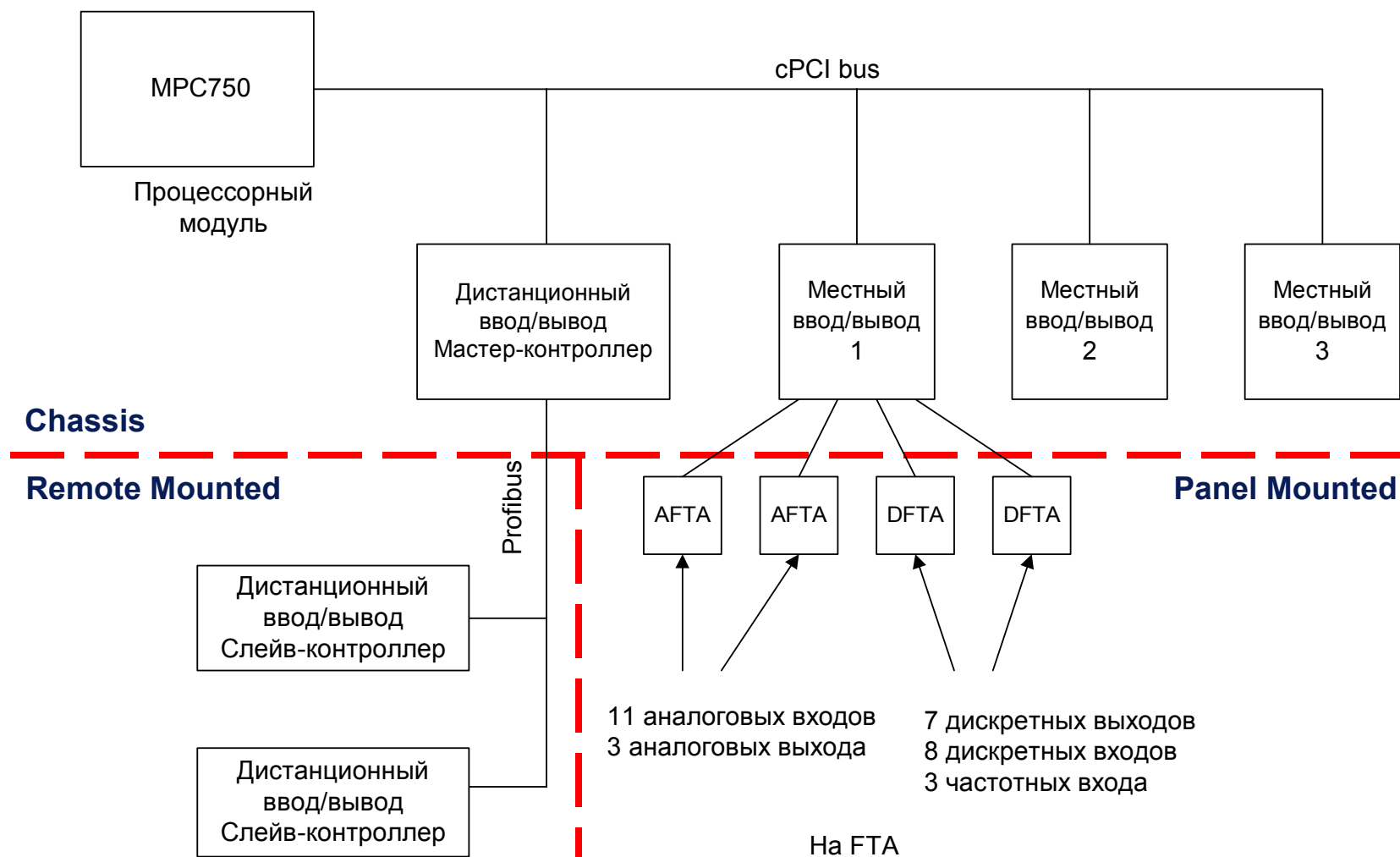
Vanguard

- **Оригинальные решения**
 - **Аппаратурные решения**
 - Дублированное питание всех устройств от двух независимых сетей
 - Диагностика состояния датчиков и линий связи
 - Расширенный диапазон рабочих температур для устройств дистанционного ввода/вывода до -40...+85°C
 - Защита аналоговых входов и выходов от перенапряжения до 240 В переменного тока
 - **Решения в области программного обеспечения**
 - Полномасштабная автоматизация проектирования на единой базе данных
 - **Коммуникационные и сетевые стандарты и решения**
 - Резервированный 10 Base-T Ethernet (TCP/IP) на оптоволокне

- Соединение с DCS или с системой более высокого порядка при помощи Ethernet OPC или Serial Modbus
- Ethernet OCl к панели управления
- Основанные на промышленном протоколе Profibus дистанционные I/O
- Локальные I/O для быстрых сигналов

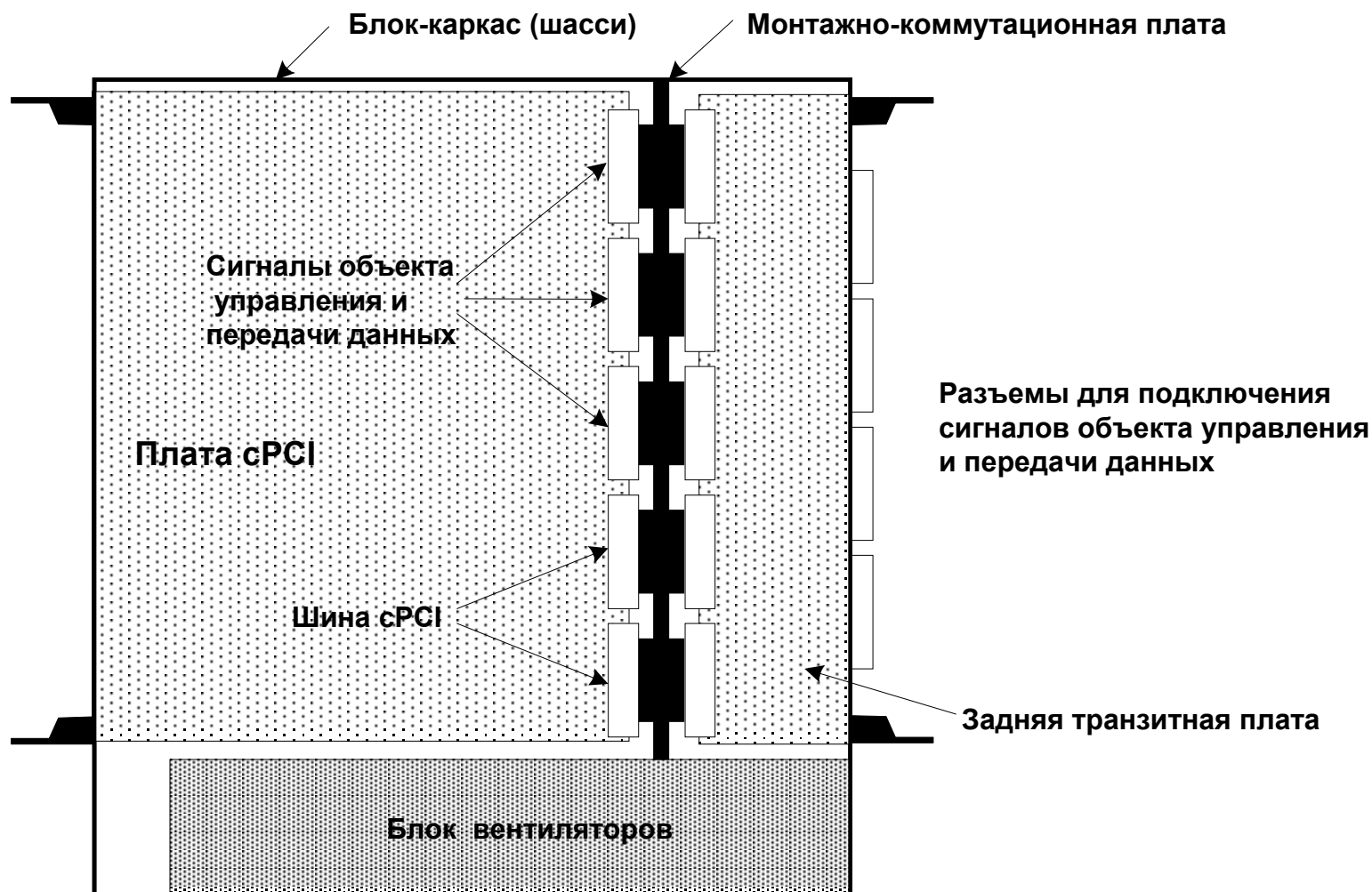


Нерезервированный Vanguard



Vanguard

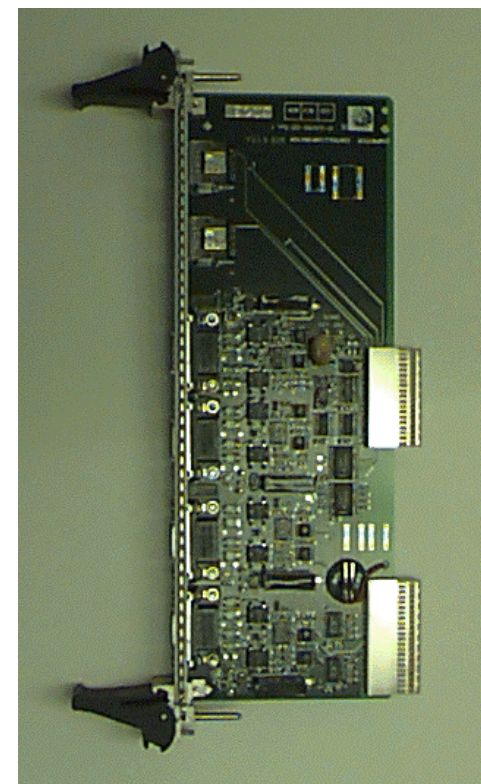
блок-каркас (вид справа)





Vanguard ***Задняя транзитная плата*** ***процессорного модуля***

- Позволяет осуществлять соединения с входами / выходами с задней стороны шасси
- Обеспечивает удобные разъёмы для коммуникаций:
 - TMPU-750-X
 - 4 порта RS-485 (DB-9F разъёмы) с оптической изоляцией, защитой от ЭСЭ и светодиодной индикацией (TX/RX)
 - 2 порта Ethernet TIOC-555 (разъёмы RJ-45 copper, или ST - fiber), 10/100BaseT
 - 4 разъёма I/O высокой плотности,
 - 1 DB-9F разъём для порта RS-485
 - TRCC-PBM
 - 2 DB-9F разъёма для Profibus
- Обеспечивает защиту контуров



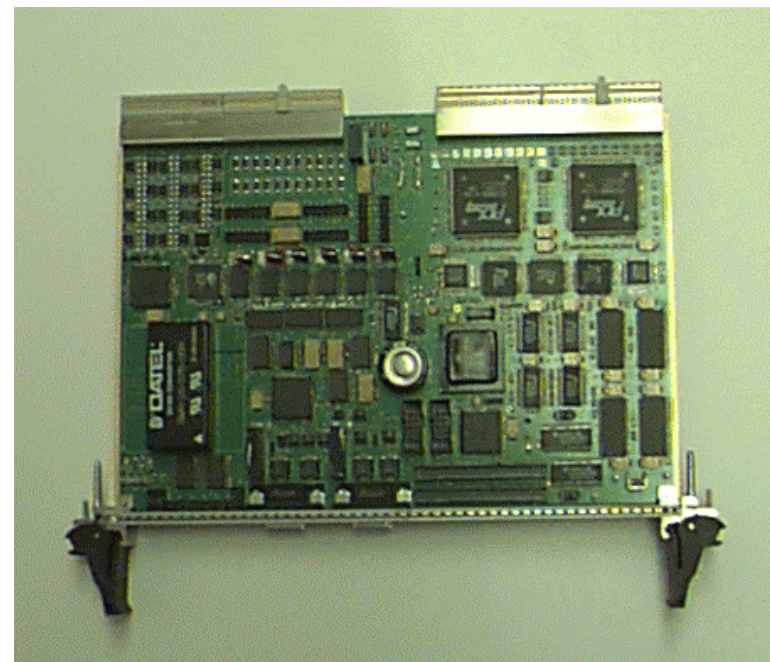
Vanguard **Плата Главного Микропроцессора (MPU)**

- Процессор PowerPC
233 MHz 32 bit μ P
- 3 канала Ethernet
- 4 порта RS-485
- Неразрушаемая память
для программ и данных
(NVRAM)
- ОС-PB OSE



Vanguard **Модуль местного ввода/вывода**

- **22 аналоговых ВХОДОВ**
- **6 аналоговых ВЫХОДОВ**
- **16 дискретных ВХОДОВ**
- **14 дискретных ВЫХОДОВ**
- **6 частотных ВХОДОВ**
- **1 порт RS-485**
- **реле неполадки НО/НЗ**
- **светодиоды для индикации состояния**
- **Измерение температуры внутри модуля.**
- **Скорость замера - 1 мсек**





Vanguard ***Модуль местного ввода/вывода*** ***(продолж.)***

- Прецизионная проверка A/D Конвертера
- Обратная связь на выходы
- Преобразует, фильтрует и калибрует аналоговые сигналы с циклом опроса 1 мс
- Имеет встроенный эталонный источник для калибровки аналоговых сигналов
- Производит контроль смены состояния для дискретных входов
- Реагирует на смену состояния дискретных выходов
- Имеет быстродействующие частотные входы

Устройство связи с объектом

- **Фиксированное расположение сигналов по типам**
- **Дублированный ввод питания**
- **Непрерывный контроль и индикация состояния вводов питания**
- **Стандартные и специальные модульные преобразователи сигналов:**
 - **специальные аналоговые модули обеспечивают диагностику линий связи с объектом и защищены от перенапряжения до ~240 В**



Местные аналоговые сигналы

- аналоговые входы

- Ток, напряжение (вольты, милливольты), ТСП/ТСМ, ТХА/ТХК
- Точность - 0.15 %
- Разрешающая способность -15 бит
- Два эталонных источника для калибровки преобразователей
- Диагностика линий связи и датчиков
- Гальваническая изоляция
- Защита от перенапряжения

- аналоговые выходы

- Ток 4 – 20 мА
- Точность - 0.15 %
- Разрешающая способность - 12 бит
- Диагностика обрыва линии связи
- Гальваническая изоляция
- Защита от перенапряжения



Местные дискретные сигналы

- Дискретные входы
 - $\sim/\equiv$ 110/220 В
 - $\sim/\equiv$ 24 В
 - Светодиодная индикация состояния
 - Гальваническая изоляция
- Дискретные выходы
 - Электро-механические реле
 - $\sim$ 250 В до 5 А
 - Полупроводниковые реле
 - $\equiv$ 260 В до 1 А
 - Светодиодная индикация состояния
 - Гальваническая изоляция
 - Предохранители для защиты выходов



Местные частотные входы

- Специализированный нормирующий модуль
- 6 - 20000 Гц





Подсистема дистанционного ввода/вывода

- **Распределенная система построена на базе промышленного протокола Profibus DP (до 12 мбит/с)**
- **Предназначена главным образом для некритических контуров управления**
- **До 16 слейв-контроллеров на один мастер-контроллер**
- **До 32 сигналов на один слейв-контроллер**
- **Диапазон рабочих температур:
от - 40 до + 85°C, (для релейных выходных модулей (- 40 ... + 65°C))**

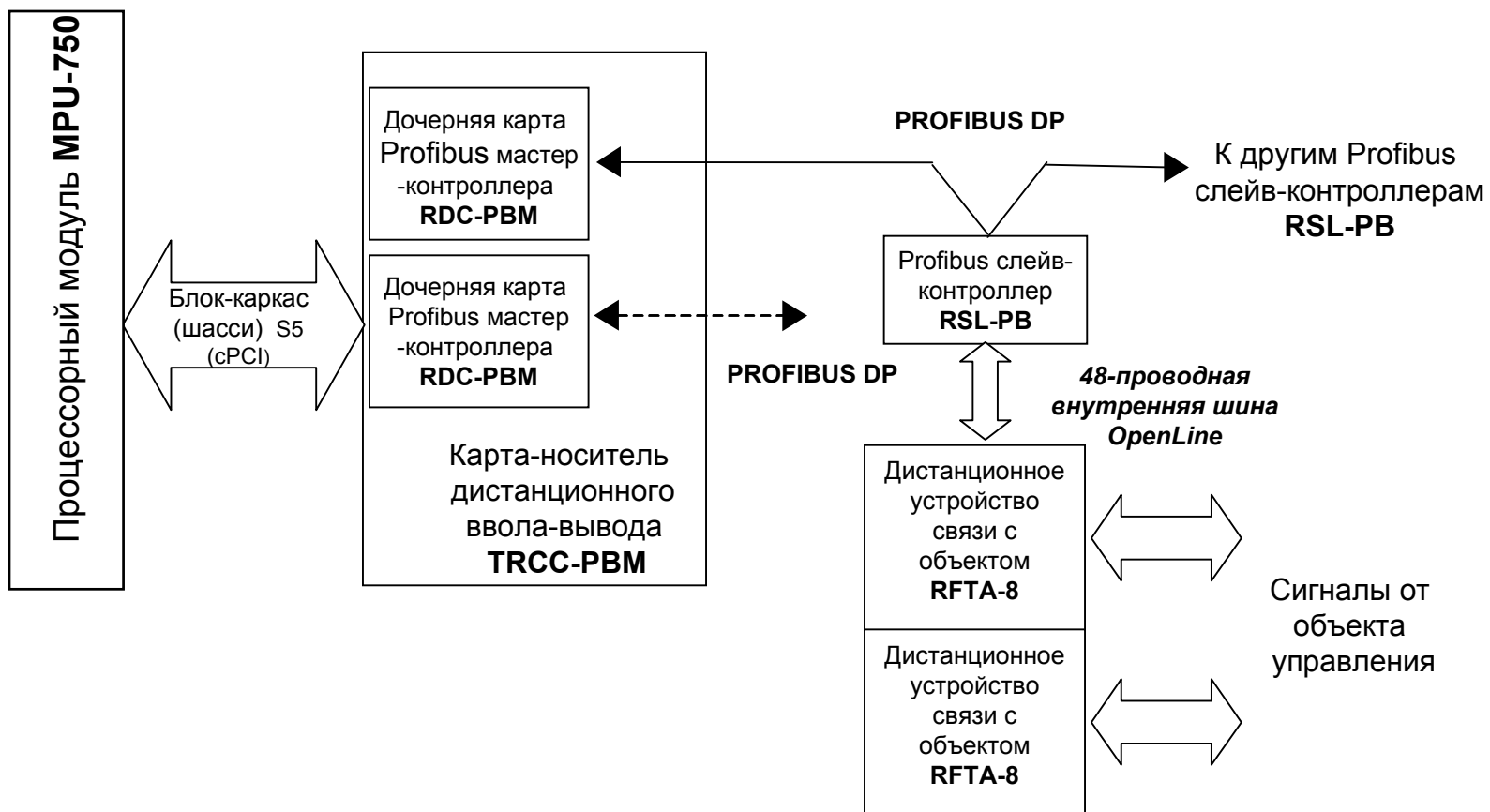
Подсистема дистанционного ввода/вывода

- Внешний вид слейв-контроллера с двумя дистанционными устройствами связи с объектом и модульными преобразователями



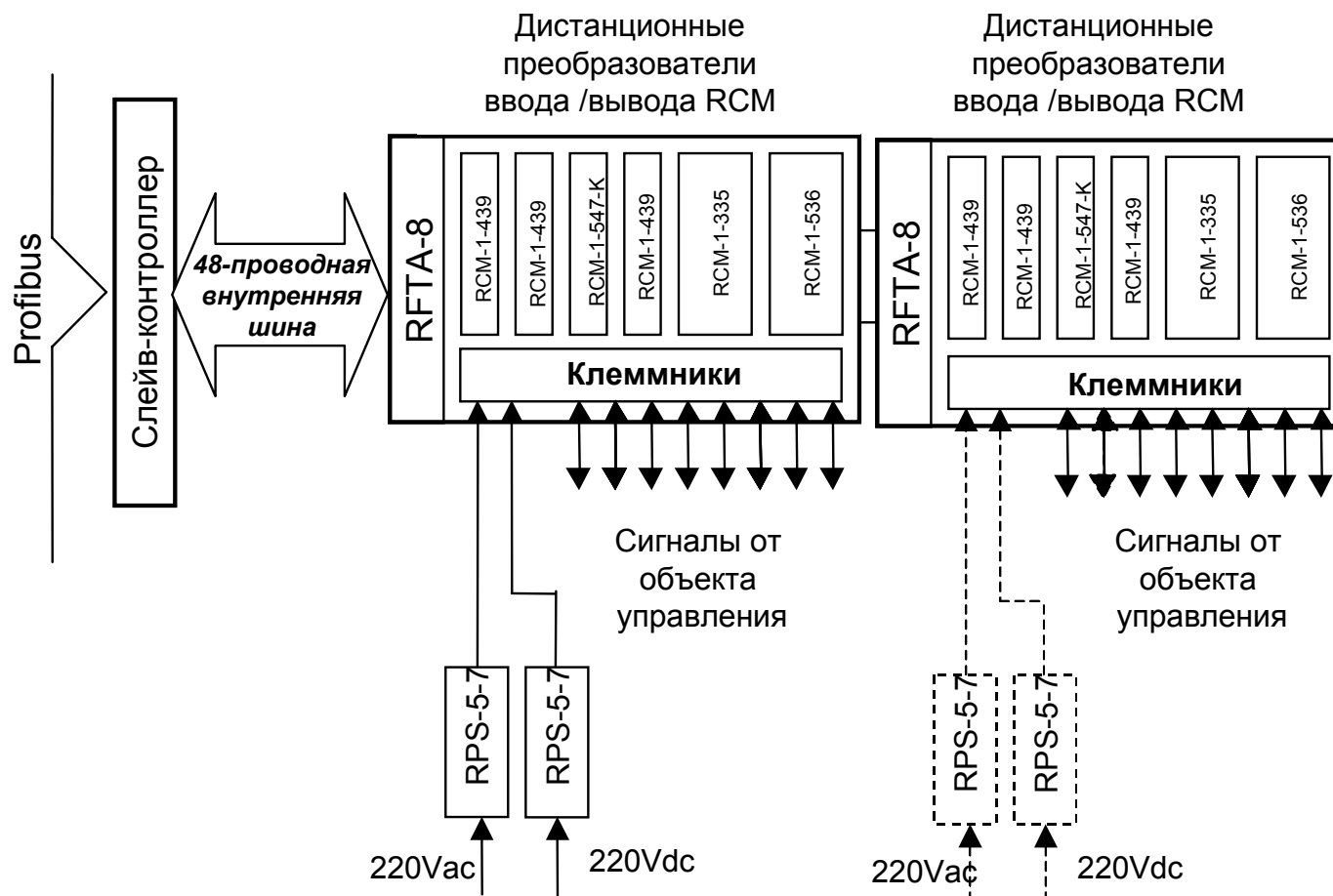
Подсистема дистанционного ввода/вывода

Упрощенная структура



Подсистема дистанционного ввода/вывода

Упрощенная структура (продолжение)





Дистанционные аналоговые сигналы

- **Аналоговые входы**
 - Двухканальные модули
 - Ток, напряжение (вольты, милливольты), ТСП/ТСМ, ТХА/ТХК
 - Точность - 0.15 %
 - Разрешающая способность -12 бит
 - Диагностика линий связи и датчиков
 - Гальваническая изоляция между модулями
 - Защита от перенапряжения
- **Аналоговые выходы**
 - Двухканальные модули
 - Ток 4 – 20 мА
 - Точность - 0.15 %
 - Разрешающая способность -12 бит
 - Диагностика обрыва линии связи
 - Гальваническая изоляция
 - Защита от перенапряжения

Дистанционные дискретные сигналы

- **Дискретные входы**
 - Двухканальные модули
 - $\sim/\text{=}$ 110/220 В
 - $\sim/\text{=}$ 24 В
 - Специальные модули со встроенным контролем цепи
 - Светодиодная индикация состояния
 - Гальваническая изоляция
- **Дискретные выходы**
 - Двухканальные модули
 - Электро-механические реле $\sim$ 250 В до 5 А
 - встроенный контроль цепи
 - полупроводниковые реле = 260 В до 1 А
 - светодиодная индикация состояния
 - Гальваническая изоляция
 - Предохранители для защиты выходов



Недублированные дистанционные I/O



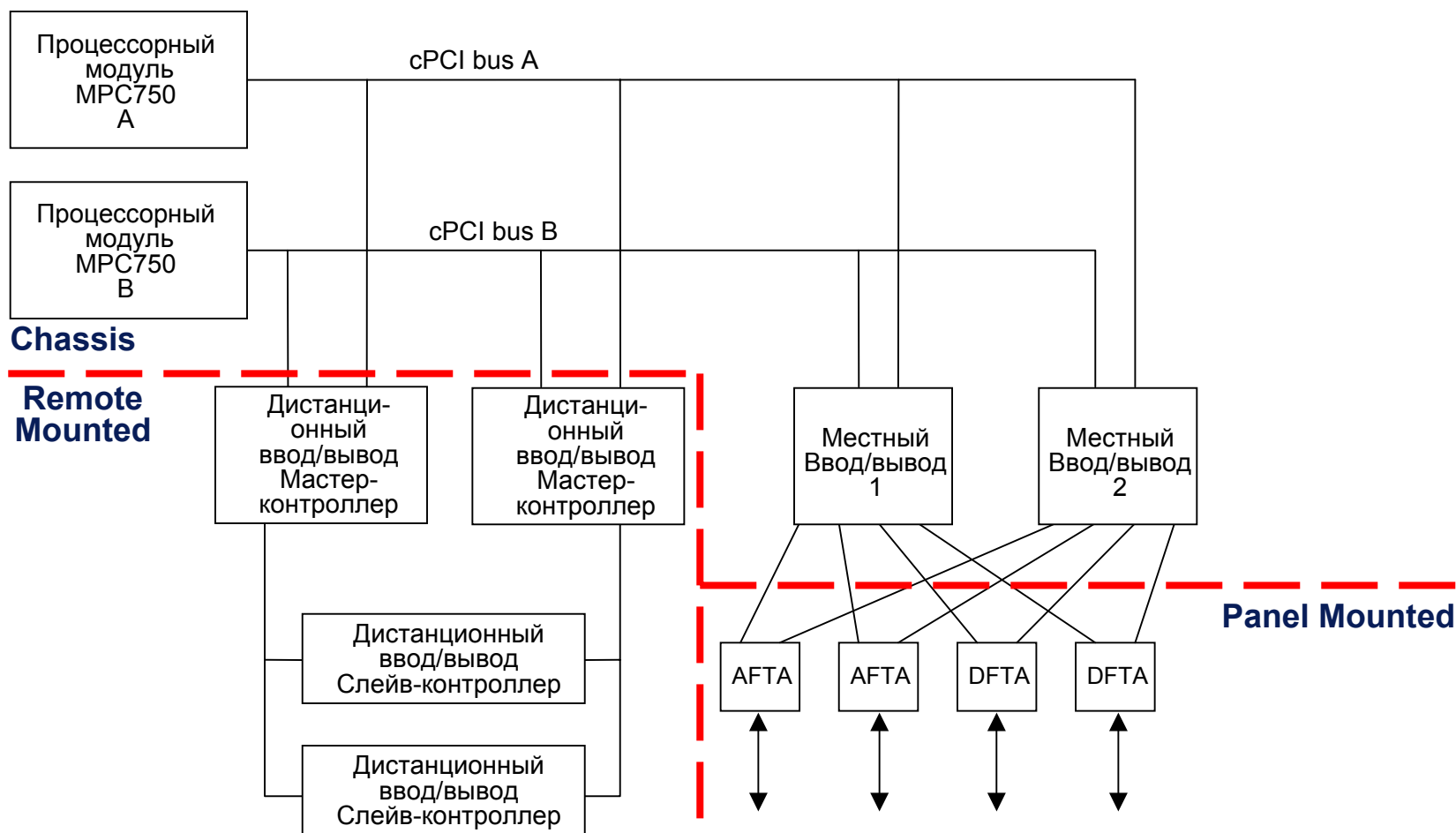
- Улучшенная версия базирующихся на Profibus дистанционных I/O фирмы Grayhill
- OpenLine™ I/O
- Используются для I/O, некритичных по времени
- Диапазон рабочих температур:
- 40 до + 85°C

Дублированные дистанционные I/O



- Profibus Мастер, карта-носитель, RFTA, и Модули идентичны недублированной системе
- Дублированные Мастера могут размещаться на одной карте-носителе.

- Работает при множественных отказах
- CPU не переключаются при отказах входов





Дублированный Vanguard

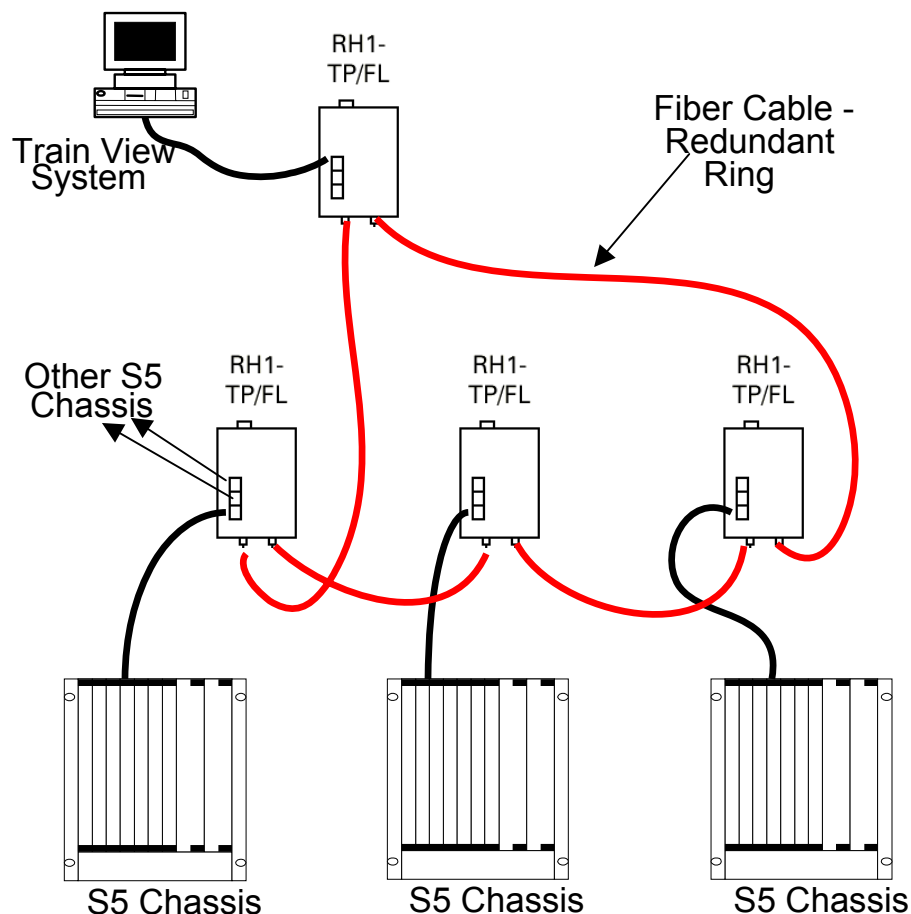
- **Уникальные Компоненты**
 - Отказоустойчивая структура, обеспечивающая работоспособность FTA's, аппаратного и программного обеспечения
- **Компоненты, общие с недублированной системой**
 - Центральный процессор (CPU) платы входов/выходов
 - Питание
 - FTA кабели
 - Нормирующие преобразователи



Vanguard **Каналы связи**

- **3 порта Ethernet TIOС-555 copper или ST-fiber, 10/100BaseT**
 - OPC к DCS или Другому компьютеру
 - OCI к TrainView
 - 10Base-T Copper или 10Base-FL Fiber-Optic
- **2 порта Profibus к дистанционным I/O**
- **4 порта RS-485 с оптической изоляцией, защитой от ЭСЭ и светодиодной индикацией (TX/RX) серийных каналов СВЯЗИ**
 - Series 3 Plus Порт 2 and Series 4 IMCB
 - Modbus RTU к DCS или другому компьютеру
 - TMPU-750-X

Fault-Tolerant Ethernet



- Отказ любого компонента не приводит к остановам оборудования
- Защита от обрыва кабеля
- Изоляция от помех и паразитных контуров с замыканием через землю

- Фиксированная Конфигурация
- Решение для малых систем
- Недублированная и Дублированная модели





Reliant **Общий обзор**

- Такая же как в Vanguard среда IEC-61131 для программирования и создания новых приложений открывает возможности для расширения системы.
- Интегрированные в контроллере терминалы или FTA.
- Интегрированные в контроллере порты связи RS-485
- Коммуникации для расширения системы.
- Диапазон рабочих температур 0 - 70°C
- Возможно исполнение для Class 1 Zone/Div 2



Reliant **аналоговые входы/выходы**

- **22 Аналоговых Входа**
 - 0.1% точность
 - Верхний и нижний пороги определения отказа
 - Разрешающая способность 15-bit
 - Два встроенных источника напряжения для верификации правильной работы конвертера
 - Конфигурация для токовых входов или входов по напряжению
- **6 Частотных входов**
 - 0.01 % точность
 - Активные или пассивные
 - 5 Hz до 40K Hz
- **6 Аналоговых выходов (изолированных)**
 - 0.1 % точность
 - Определение отказа, включая обрыв цепи
 - 12-bit Разрешающая способность
 - 4 - 20 mA Выход



Reliant ***дискретные входы/выходы***

- **16 Дискретных входов**
 - 30 V AC или DC
 - Изолированные
 - Bi-Directional
- **14 Дискретных выходов**
 - Бесконтактные (Solid Stat) Реле
 - 24 VDC
 - 1/2 Amp
 - НО контакты



Reliant **каналы связи**

- **5 Интегрированных серийных портов (SP) RS-485:**
 - SP1 – для внутриконтроллерных коммуникаций TrainLink
 - SP2 – для связи с программным пакетом TrainTools Workstation
 - SP3 – для связи с контроллерами Series 3 Plus или по протоколу Modbus
 - SP4 – для связи с контроллерами Series 4 IMCB или по протоколу Modbus
 - SP5 – для связи с программным пакетом TrainTools Workstation или по протоколу Modbus
- **Готовятся к внедрению Протоколы связи:**
 - Ethernet
 - Profibus
 - Foundation Fieldbus
 - ContolNet