

# Комплект автоматический генераторный КАГ-24 и токопровод ТКЭНП-24



# Введение

Генераторный выключатель КАГ-24 совместно с другим электрическим оборудованием (генераторами, трансформаторами, токопроводами, сборными шинами, коммутационным оборудованием, линиями электропередач и пр.) входит в схему выдачи мощности или главную схему электрических соединений АЭС, под которой подразумевается **схема электрических и трансформаторных соединений между основными её элементами.**

Все они связаны общим производственным процессом – **генерированием, передачей, преобразованием, распределением и выдачей электроэнергии в энергосистему.**

Важность комплектного устройства КАГ-24 - наряду с другим основным оборудованием блока, оно образует **единственную цепь** выдачи электроэнергии «своего» турбогенератора в энергосистему, то есть **не имеет резерва**, и выход его из строя, безусловно, приведёт к останову блока.

То же самое можно утверждать по отношению к **системе экранированных токопроводов** генераторного напряжения, объединяющих **главное электрическое оборудование блока** в единую трехфазную схему, а также по отношению и к общей системе воздушного охлаждения **токопроводов 24 кВ** и КАГ-24.

Устройство комплектное КАГ-24-30/30000 предназначено для выполнения коммутационных операций в цепи главных выводов турбогенераторов с номинальным напряжением 24 кВ при нормальном токовом режиме ( $I_{раб} \leq 30$  кА), а также для создания необходимого изоляционного промежутка в отключенном положении и заземления отсоединенного участка цепи.

**Агрегат КАГ-24 служит для:**

- выполнения синхронизации генератора с сетью и отключения генератора от сети в плановом порядке,
- отключения генератора от сети действием технологических защит при неисправностях технологических систем турбины и реактора,
- создания видимого разрыва в цепи 24 кВ при работах на генераторе.



КАГ-24 представляет собой

**коммутационно-измерительный комплекс  
с полюсным управлением**

и состоит из трех самостоятельных полюсов, которые съемными кожухами соединяются с экранами токопровода генератора и блочного трансформатора, и одного распределительного шкафа типа ШРПФ-3М.

Распределительный шкаф связывает между собой пневматически и по цепям вторичной коммутации полюсы устройства КАГ, а также соединяет резервуары полюсов с магистралью сжатого воздуха.

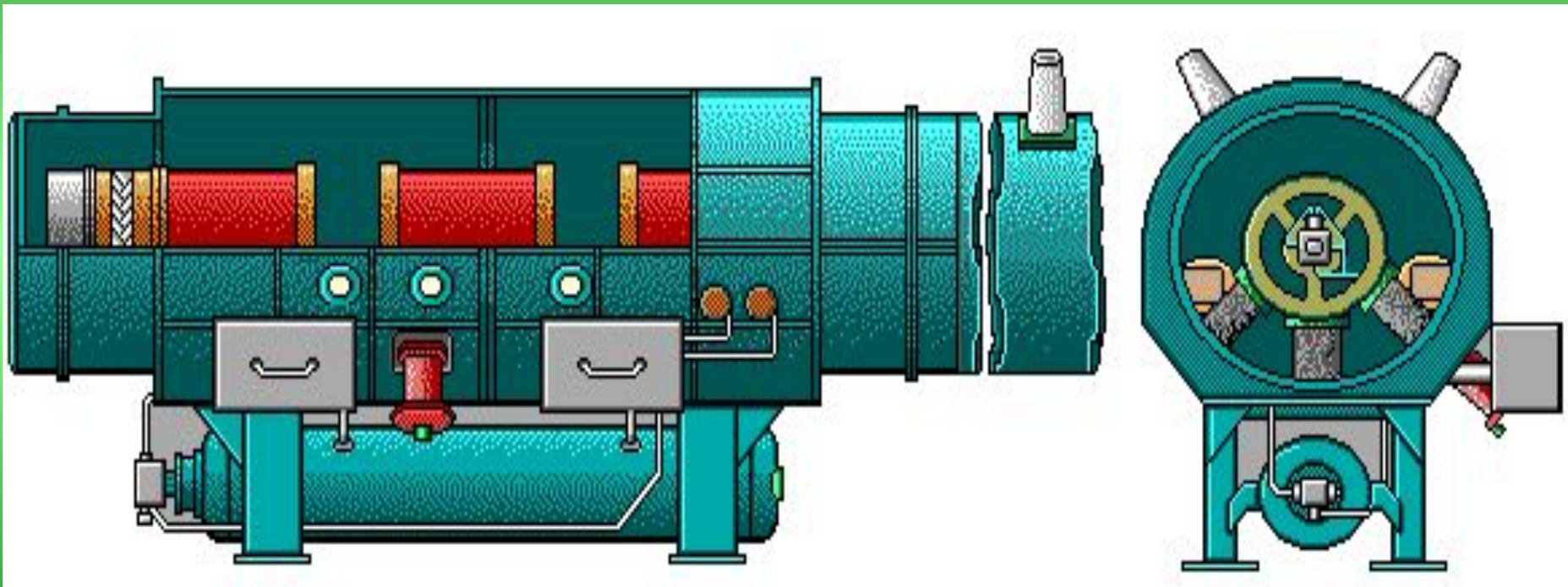
# Общий вид КАГ-24

Разъединитель

Среднее  
коммутирующее  
устройство

Выключатель

Глушитель



Шкаф управления  
разъединителем

Резервуар  
выключателя

Заземлитель

Шкаф управления  
выключателем

Опорный  
изолятор

## ***Полюс устройства КАГ-24*** состоит из:

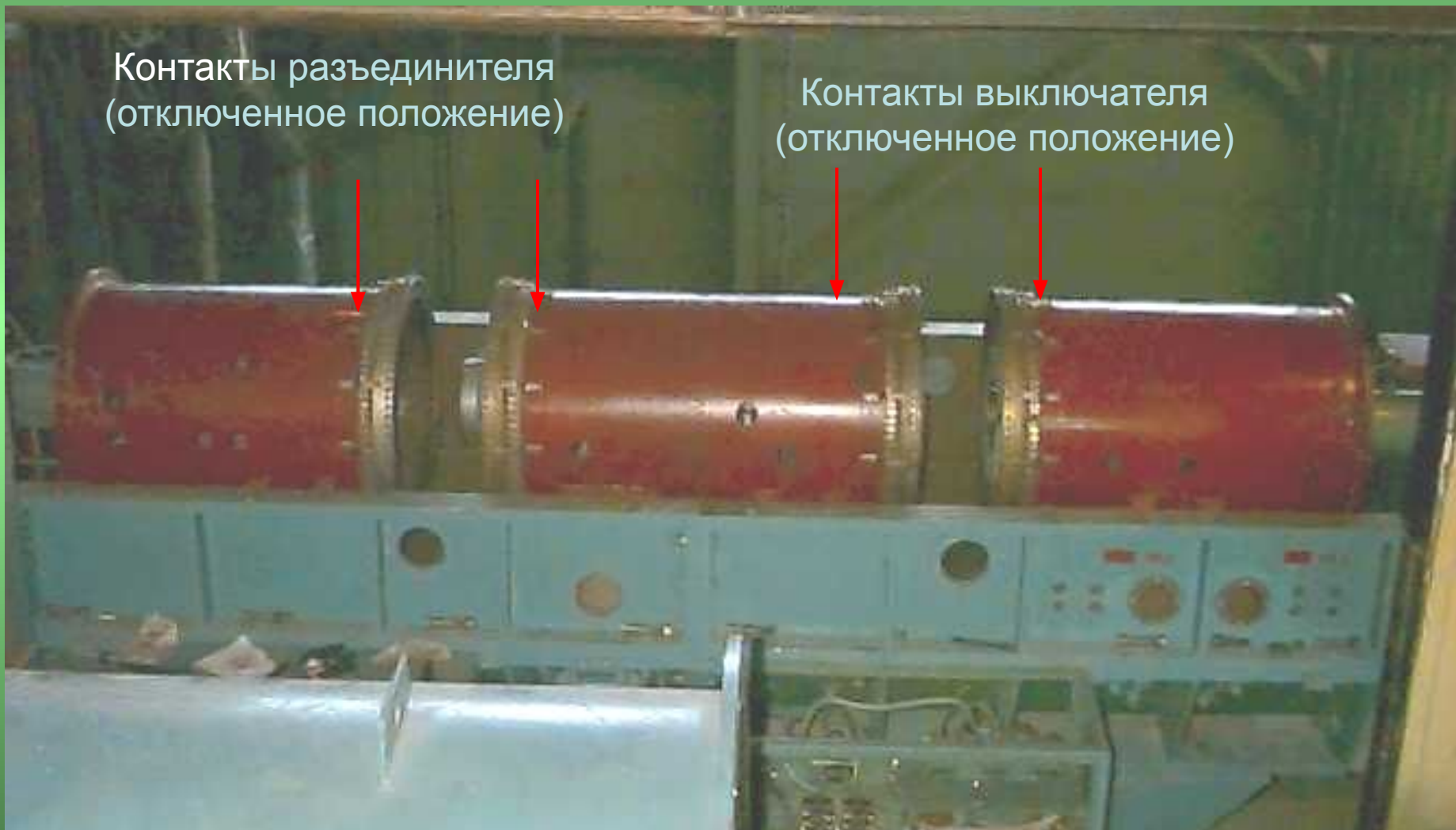
- резервуара полюса, служащего сосудом для сжатого воздуха, со стойками;
- основания с закрепленными на нем шкафами управления разъединителем и выключателем нагрузки;
- коммутирующего устройства разъединителя,
- коммутирующего устройства выключателя нагрузки;
- среднего коммутирующего устройства, общего для разъединителя и выключателя нагрузки;
- заземлителя, установленного на среднем коммутирующем устройстве;
- дутьевого клапана;
- глушителя;
- съемного кожуха, состоящего из двух частей;
- разъемных кожухов токопровода.



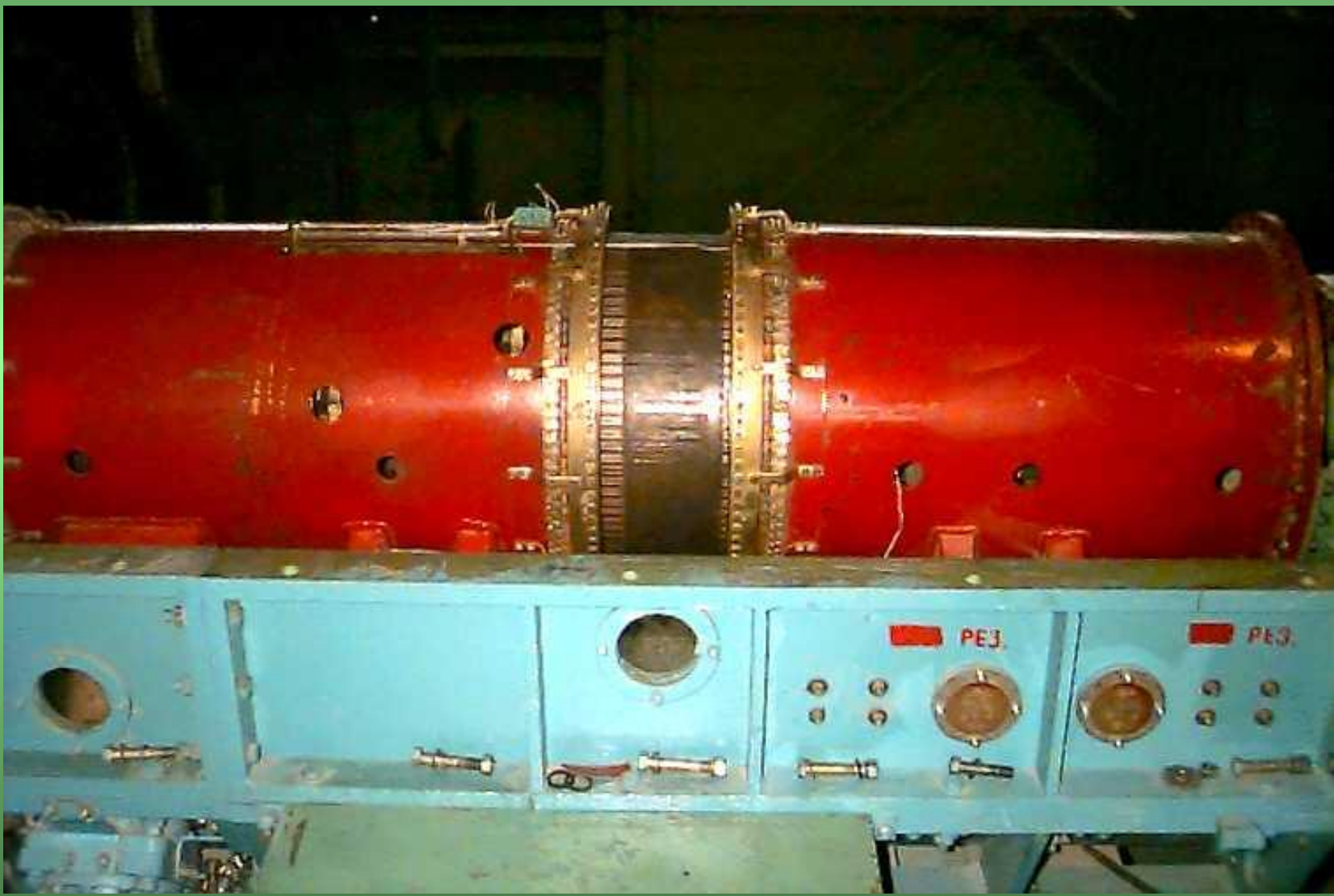
# Комплектное устройство КАГ-24 –30/30000УЗ со снятым защитным кожухом (отключенное положение)

Контакты разъединителя  
(отключенное положение)

Контакты выключателя  
(отключенное положение)



# Выключатель нагрузки КАГ-24 (включенное состояние главного токоведущего контура)



## Назначение, состав и расположение оборудования и аппаратуры системы токопроводов генератора

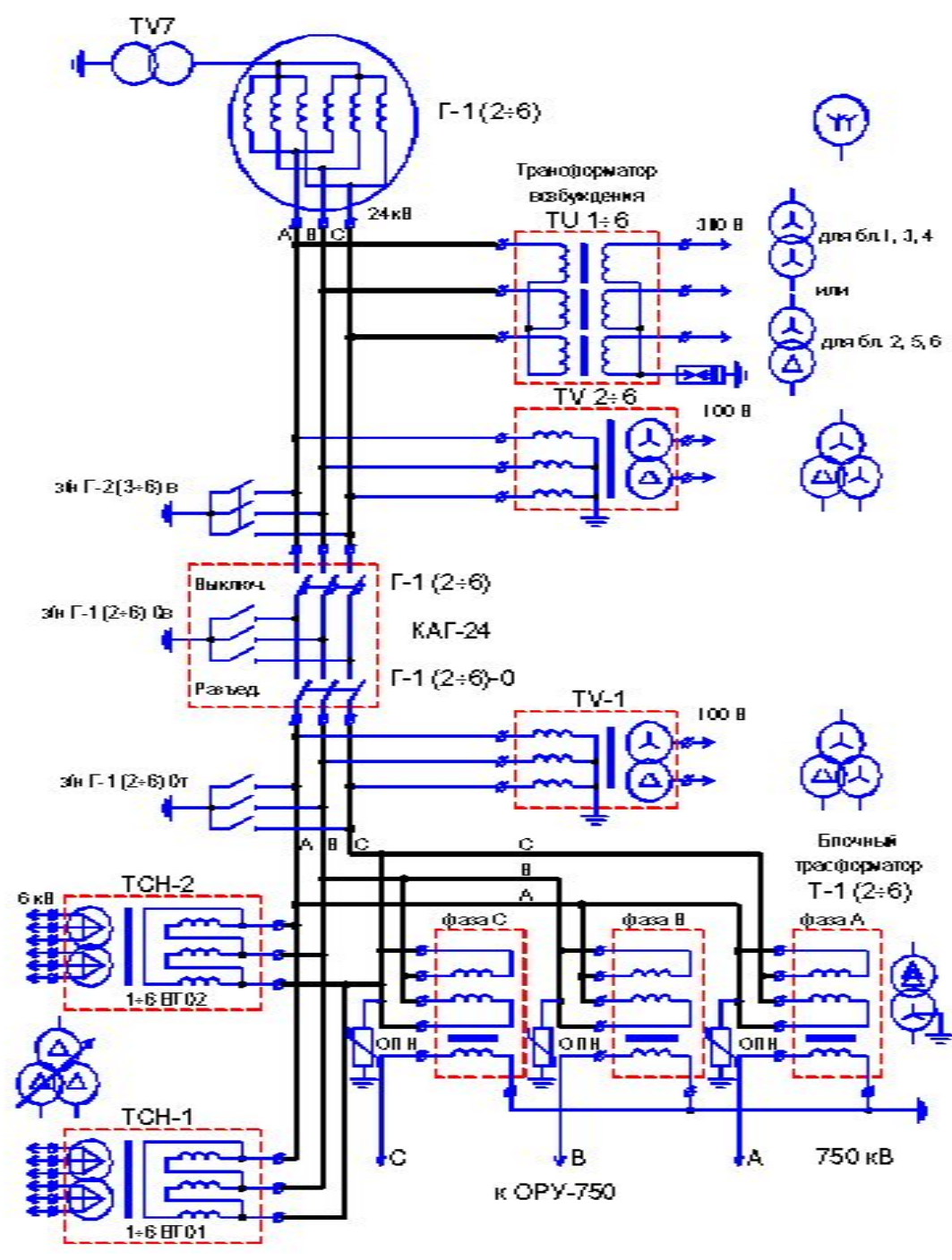
Токопроводы экранированные пофазно комплектные с непрерывными экранами типа ТЭКНП-24 предназначены для электрического соединения генераторов с главными трансформаторами и с трансформаторами собственных нужд электростанций.

К системе токопроводов 24 кВ каждого энергоблока относятся участки закрытых силовых экранированных электрических цепей с номинальным уровнем напряжения 24 кВ, объединяющих собой трехфазную схему вывода следующего основного электрического оборудования блока.

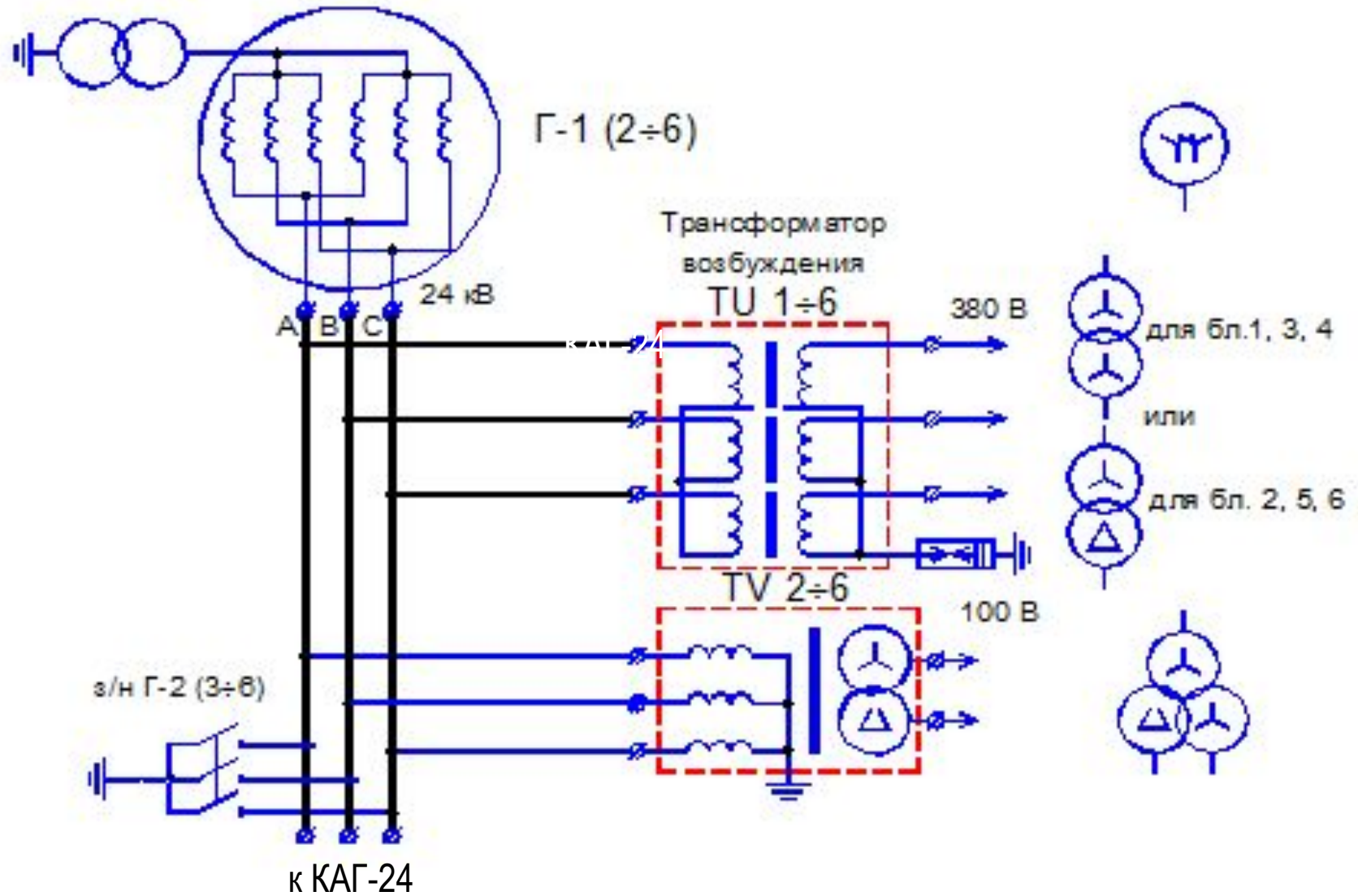
# В систем токопроводов генератора входят:

- линейные выводы генератора (ТВВ-1000-4УЗ);
- выводы обмоток ВН выпрямительного трансформатора или трансформатора возбуждения (ОСЗП-133/24);
- выводы главных токоведущих цепей выключателя и разъединителя комплектного агрегата генератора (КАГ-24-30/30000 УЗ);
- выводы обмоток ВН двух трансформатора собственных нужд ТСН-1 и ТСН-2 (ТРДНС-63 000/35);
- выводы обмоток НН блочного трансформатора (ОРЦ-417 000/750).

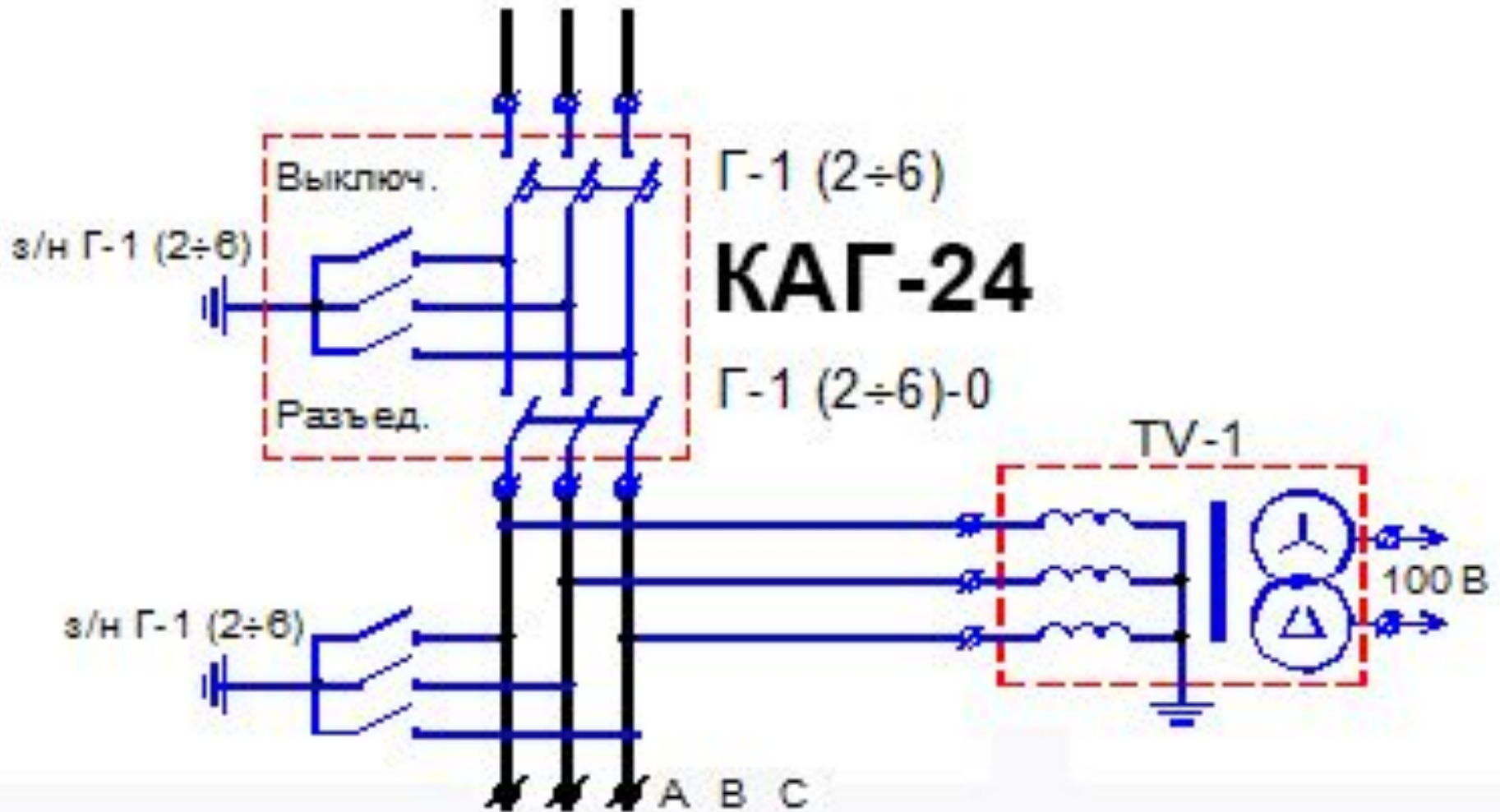
# Схема электрических соединений токопроводов 24 кВ



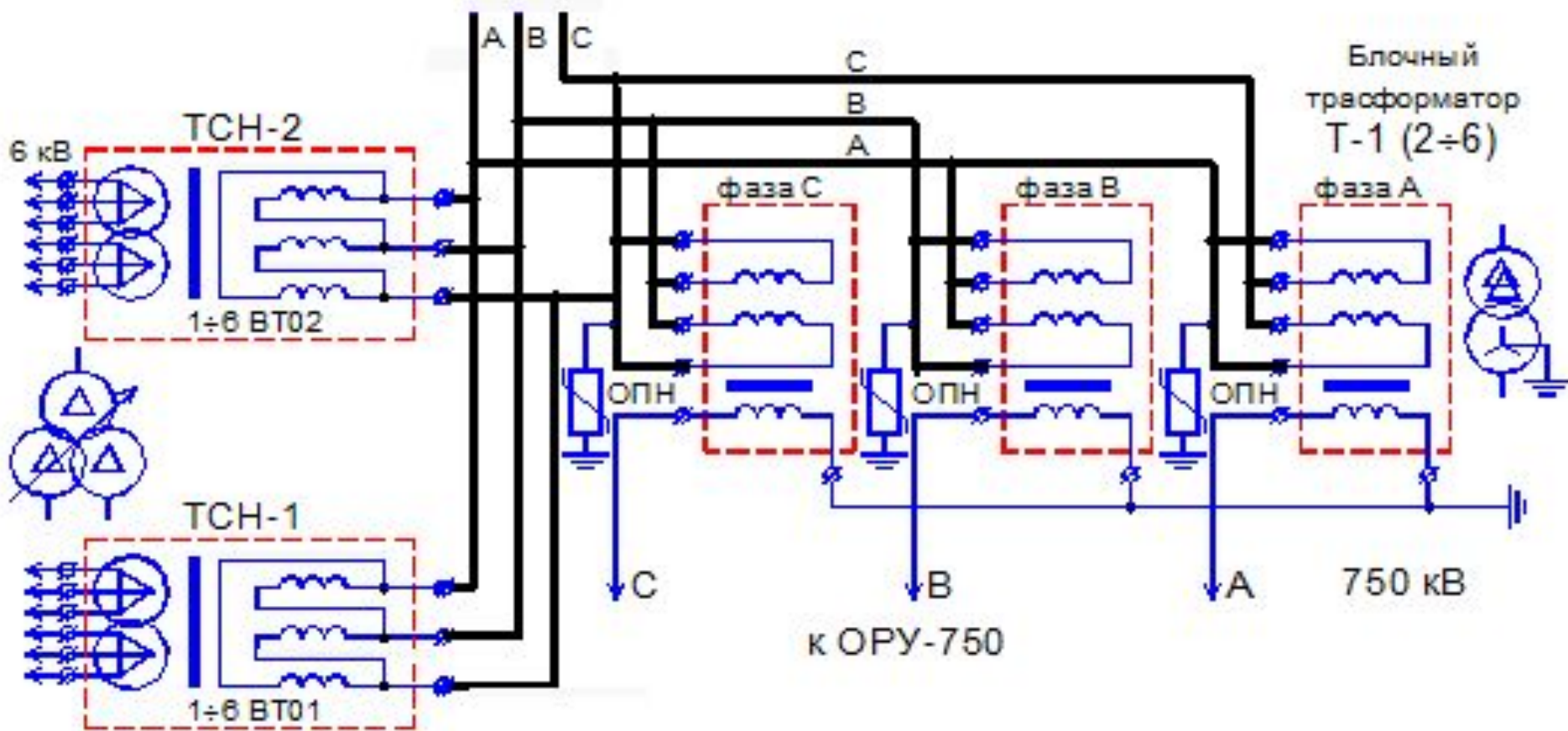
# Схема электрических соединений токопроводов 24 кВ



# Схема электрических соединений токопроводов 24 кВ



# Схема электрических соединений токопроводов 24 кВ





Исходя из состава оборудования, подключенного к системе токопроводов 24 кВ энергоблоков, местоположение последних таково:

• ТО ряд А÷Б оси 9÷10 отметка +11,5 м (от генератора в сторону блочного трансформатора);

• ТО ряд А÷Б отметка 12,0÷8,0 м (помещения КАГ-24 и примыкающие к ним);

• световой двор у стены машзала блока (на специальных строительных конструкциях).

Токопроводы начинаются от линейных выводов СГ, с обеих сторон подключаются к КАГ-24, имеют ответвления к трансформатору возбуждения и двум трансформаторам СН, и заканчиваются у выводов блочного трансформатора.

# Технические характеристики и принцип работы оборудования и аппаратуры системы токопроводов и выключателя КАГ-24

- **номинальное напряжение – 24 кВ;**
- **номинальный ток – 30000 А;**
- **стойкость:**
  - электродинамическая – 560 кА;**
  - термическая – 220 кА.**
- **Способ охлаждения – воздушный, принудительный.**

# Поперечный разрез токопровода

1 – станина;

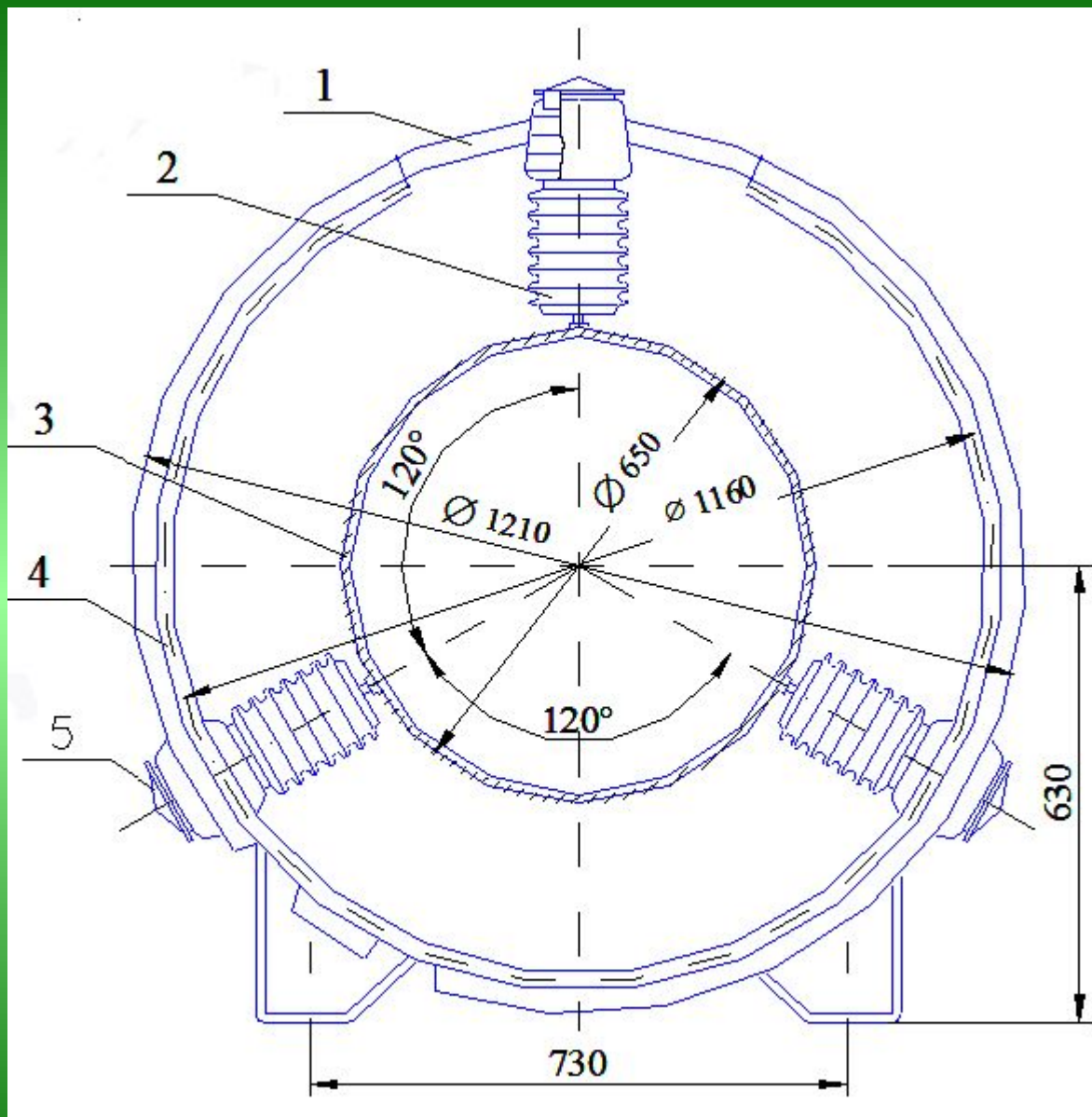
2 – опорный изолятор

ОФР-24/750;

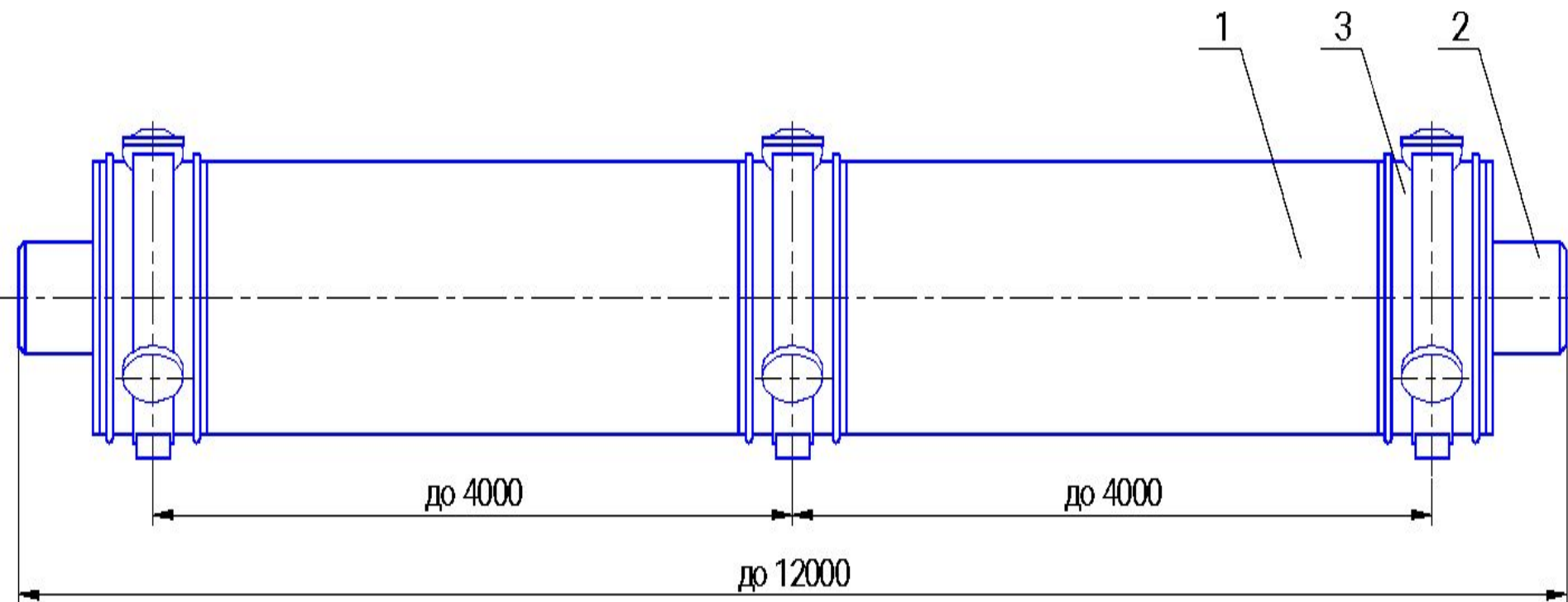
– токоведущая шина;

4 – оболочка;

5 – крышка люка



# Секция токопровода

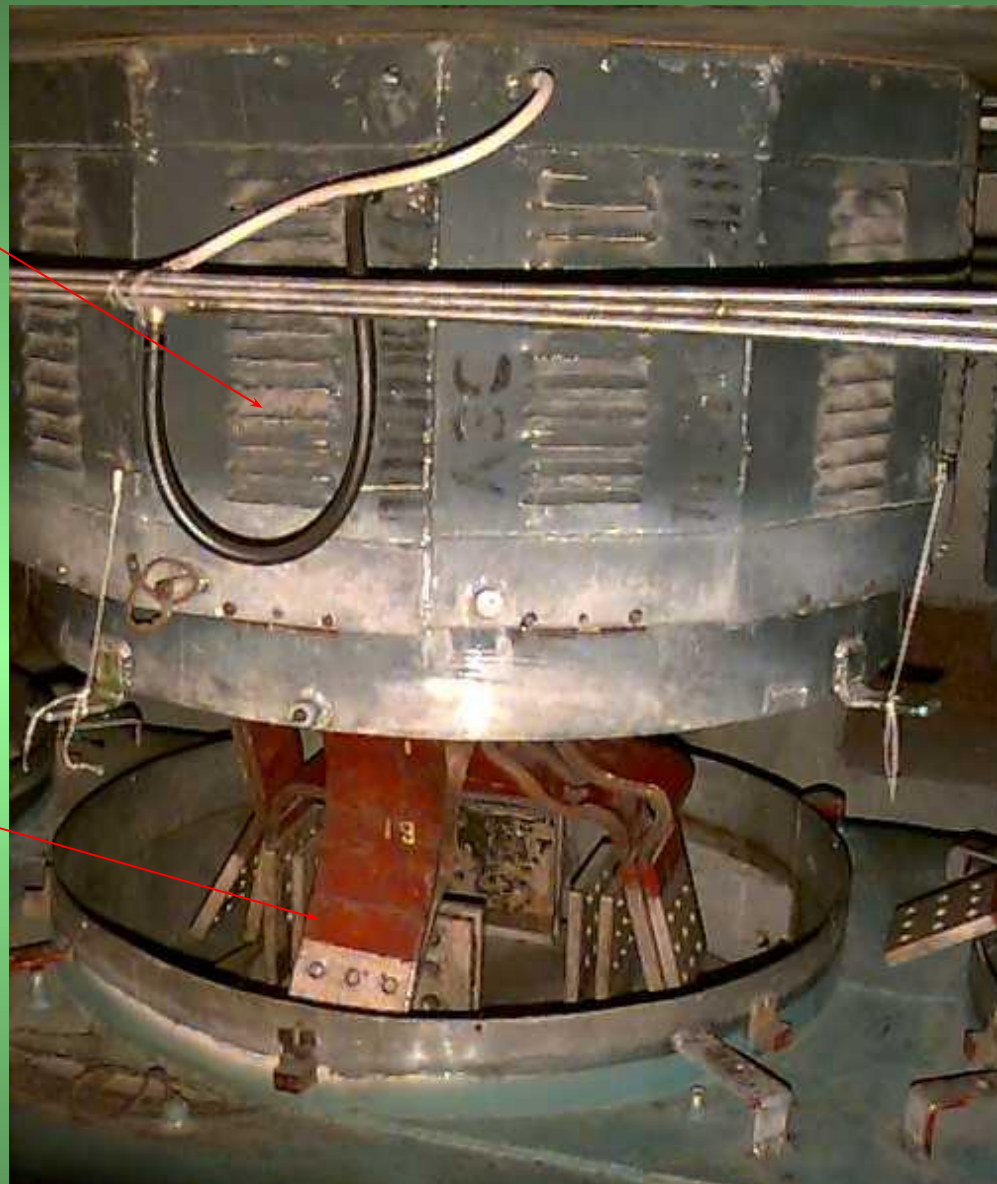


1 – экран; 2 – токоведущая шина; 3 – опорный узел

- **Контактные болтовые соединения в узлах подключения к выводам генераторов, трансформаторов, выключателей, разъединителей и разрядников доступны для осмотра и ревизии. Присоединение токоведущих шин к выводам генераторов и трансформаторов исключает передачу на фарфоровые изоляторы выводов вибраций и механических усилий за счет наличия гибких медных компенсаторов**

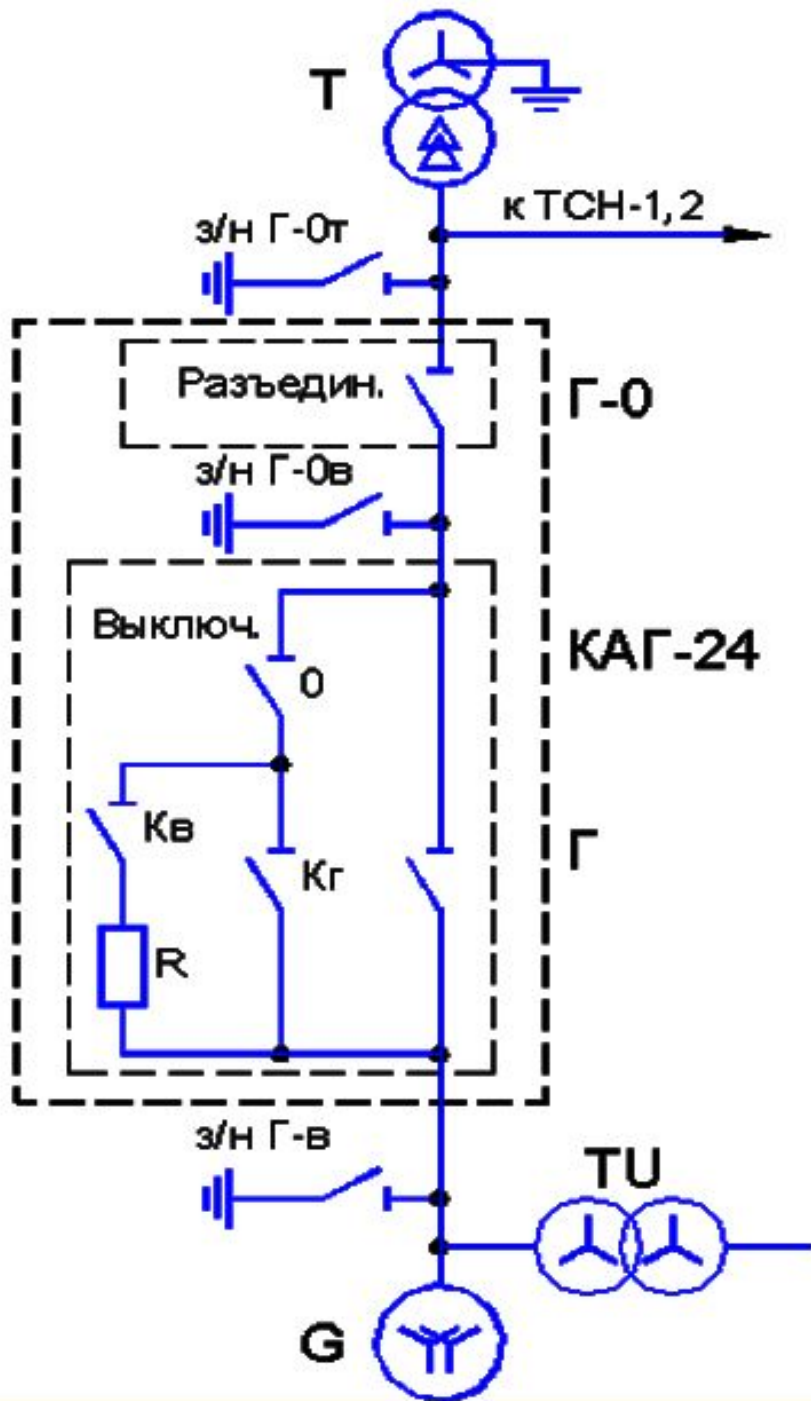
Вентиляционные решетки

Шины 24 кВ  
(расшинованное  
положение)



# Основные технические характеристики комплектного устройства КАГ-24

Номинальное / наибольшее рабочее напряжение, кВ	24 / 26,5
Номинальный рабочий ток и ток отключения, кА	30
Ток электродинамической стойкости, кА - для главной цепи - для цепи заземлителя	500 300
Ток термической стойкости, кА - для главной цепи - для цепи заземлителя	190 150
Время протекания тока КЗ, с - для главной цепи - для цепи заземлителя	3 1
Аварийный ток включения (наибольший пик), кА	310
Номинальная частота, Гц	50
Избыточное давление сжатого воздуха в резервуарах, кгс/см <sup>2</sup>	19÷21
Вместимость резервуара (одного полюса), л	950
Масса полюса комплектного устройства, кг	5500 ±550
Напряжение постоянного оперативного тока, В	± 220



Главный токоведущий контур одной фазы устройства КАГ-24 состоит из:

- коммутирующего устройства разъединителя **Г-0** ;
- коммутирующего устройства **Г** выключателя нагрузки в последовательной цепи.

Дугогасительный контур выключателя включен параллельно контактам его главного токоведущего контура.

Он состоит из:

- последовательно соединенного



## ***Включение устройства КАГ-24***

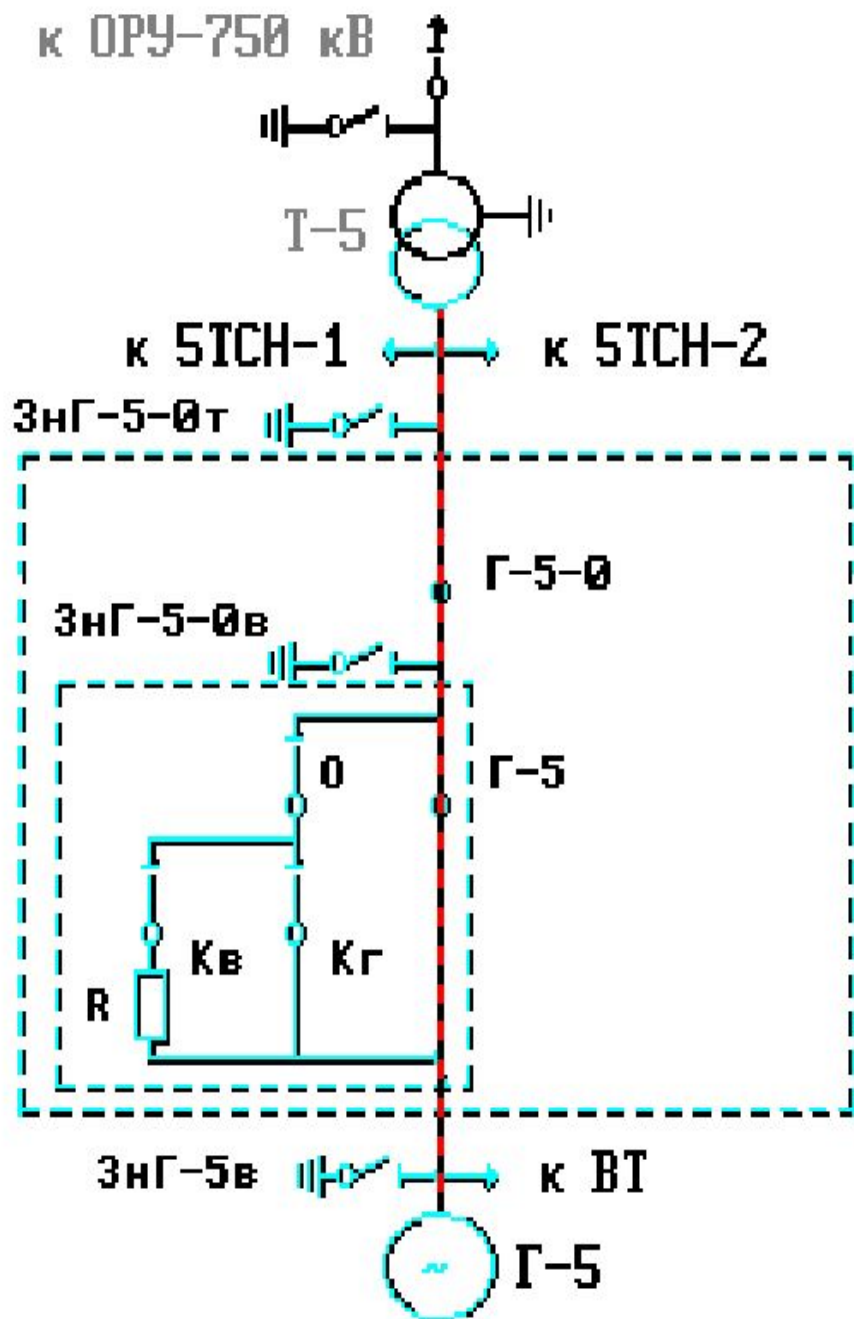
Включение устройства КАГ происходит в следующей последовательности:

- при подаче командного импульса на включение от ключа управления **SA2** на панели БЩУ включается разъединитель **Г1-0 (2-6)** ;

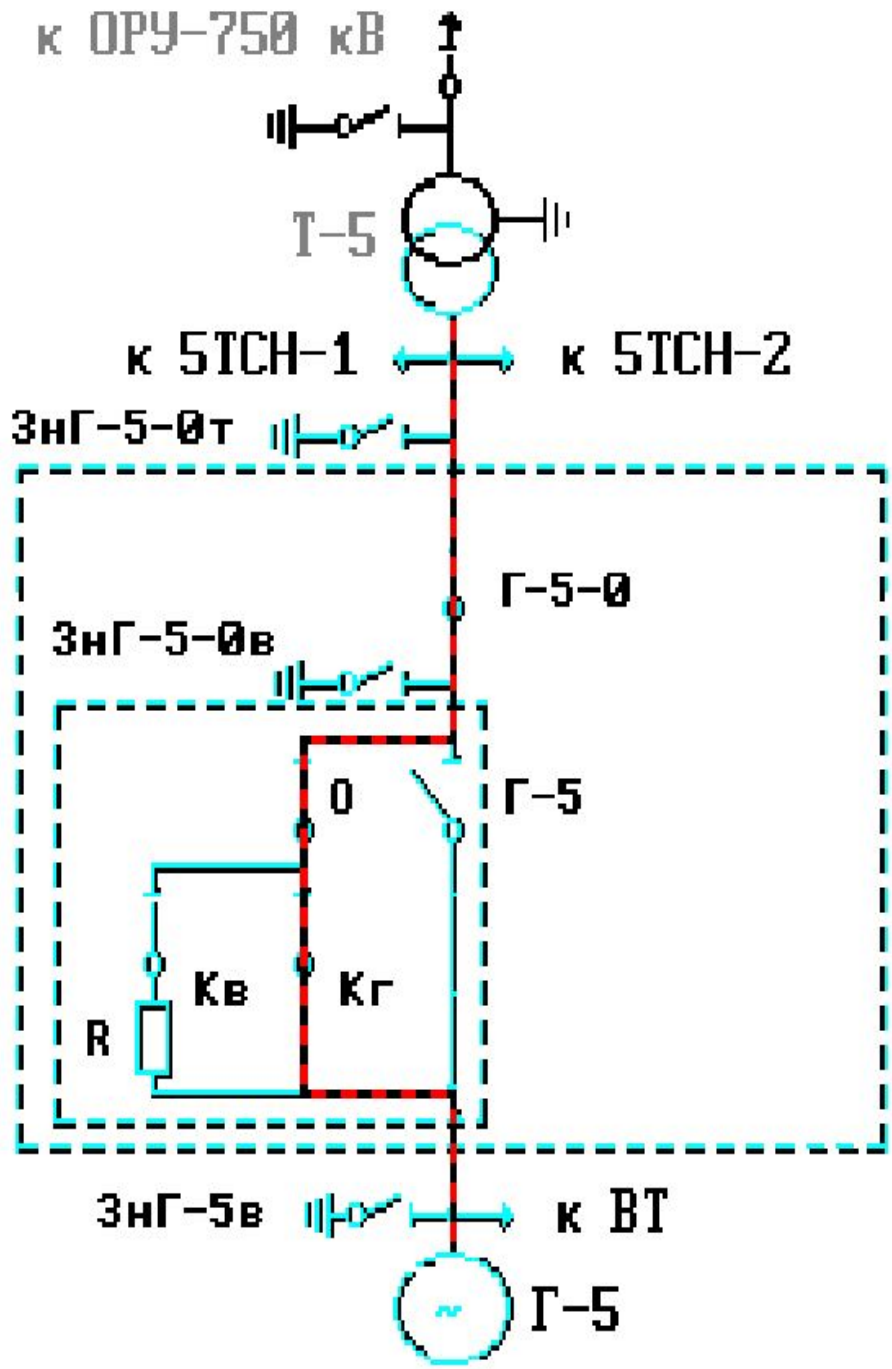
- при подаче командного импульса на включение от ключа **SA1** на панели НУ32 БЩУ включается выключатель нагрузки **Г-1 (2-6)**, при ~~отключении устройства КАГ-24~~

При работе генератора в сети основная часть тока протекает этом сначала замыкается контакт отделителя **О**, а затем контакт через главный токоведущий контур КАГ-24.

~~Отключение выключателя нагрузки КАГ-24~~ при подаче импульса на отключение от ключа управления **SA1** или от технологических защит происходит поэтапно в следующей последовательности:

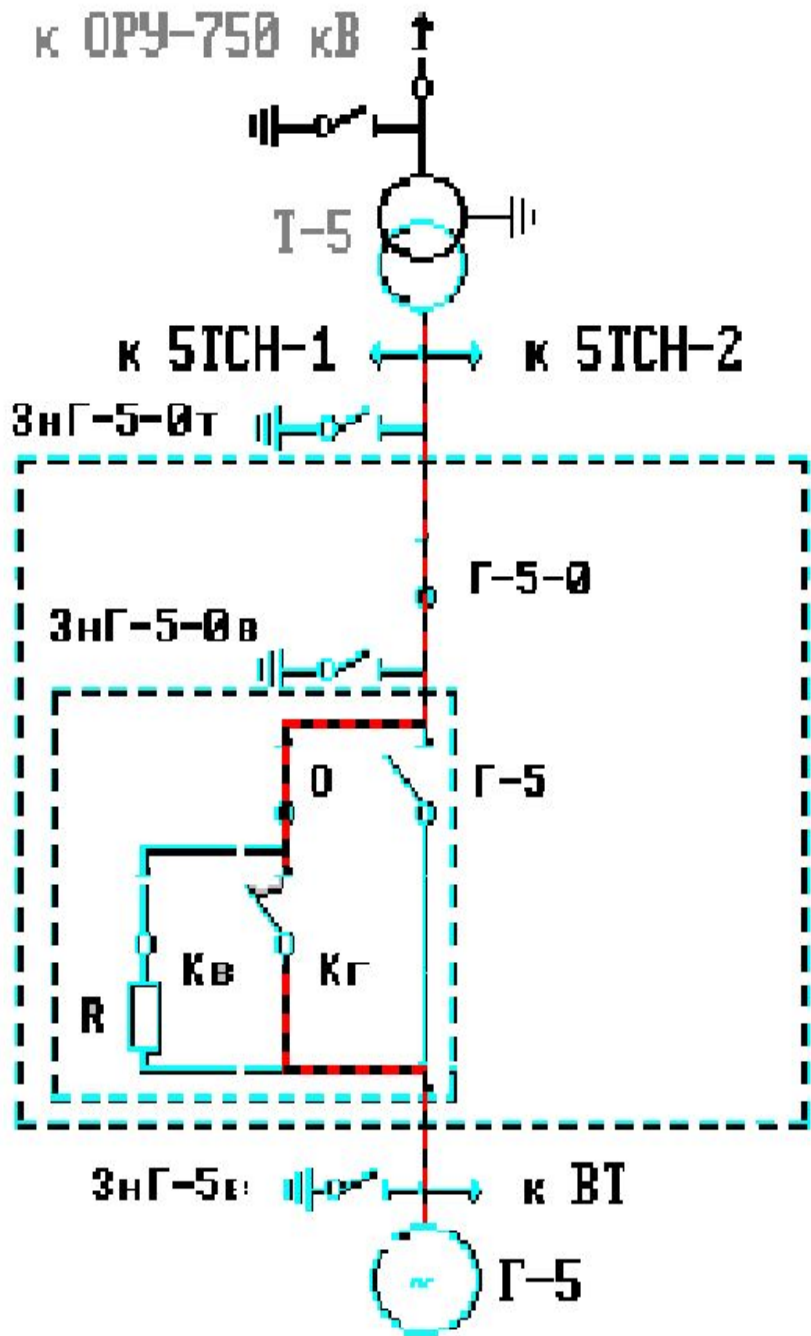


**Включенное состояние  
КАГ-24**



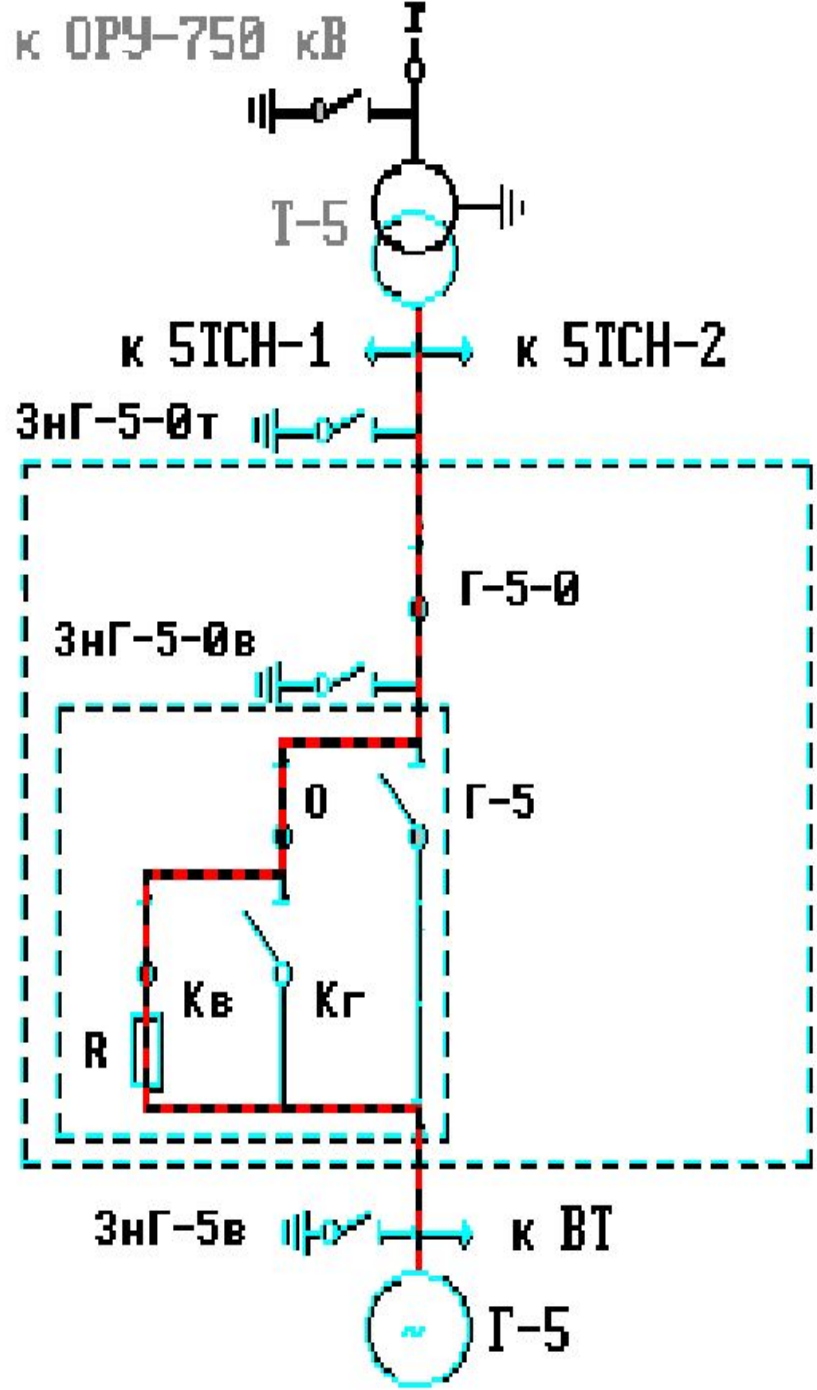
## Главный токоведущий контур Выключателя **отключен**

Размыкается контакт Г-5 главного токоведущего контура выключателя нагрузки, при этом основная часть тока нагрузки переходит в контур главной дугогасительной камеры;



## Размыкается главный контакт дугогасительной камеры

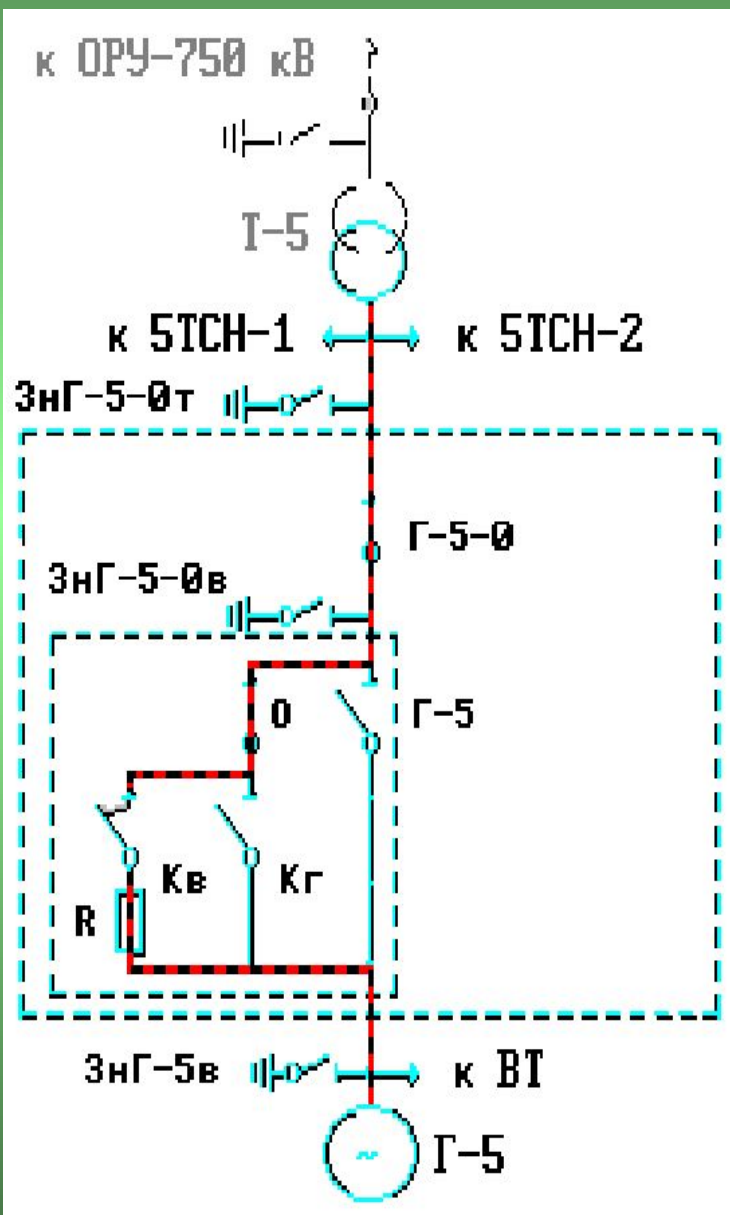
Контакт главной дугогасительной камеры **Кг** размыкается, при этом весь ток переходит в цепь шунтирующего резистора и вспомогательной дугогасительной камеры (при благоприятных условиях ток, протекающий через главный дугогасительный контур, гасится потоком воздуха уже при размыкании контактов **Кг**)



**Ток проходит через вспомогательную дугогасительную камеру**

# Размыкается контакт вспомогательной дугогасительной камеры

Размыкается контакт вспомогательной дугогасительной камеры **Кв** и цепь обесточивается (при отключении токов короткого замыкания гашение дуги происходит под действием потока воздуха только на контактах вспомогательной дугогасительной камеры **Кв**);

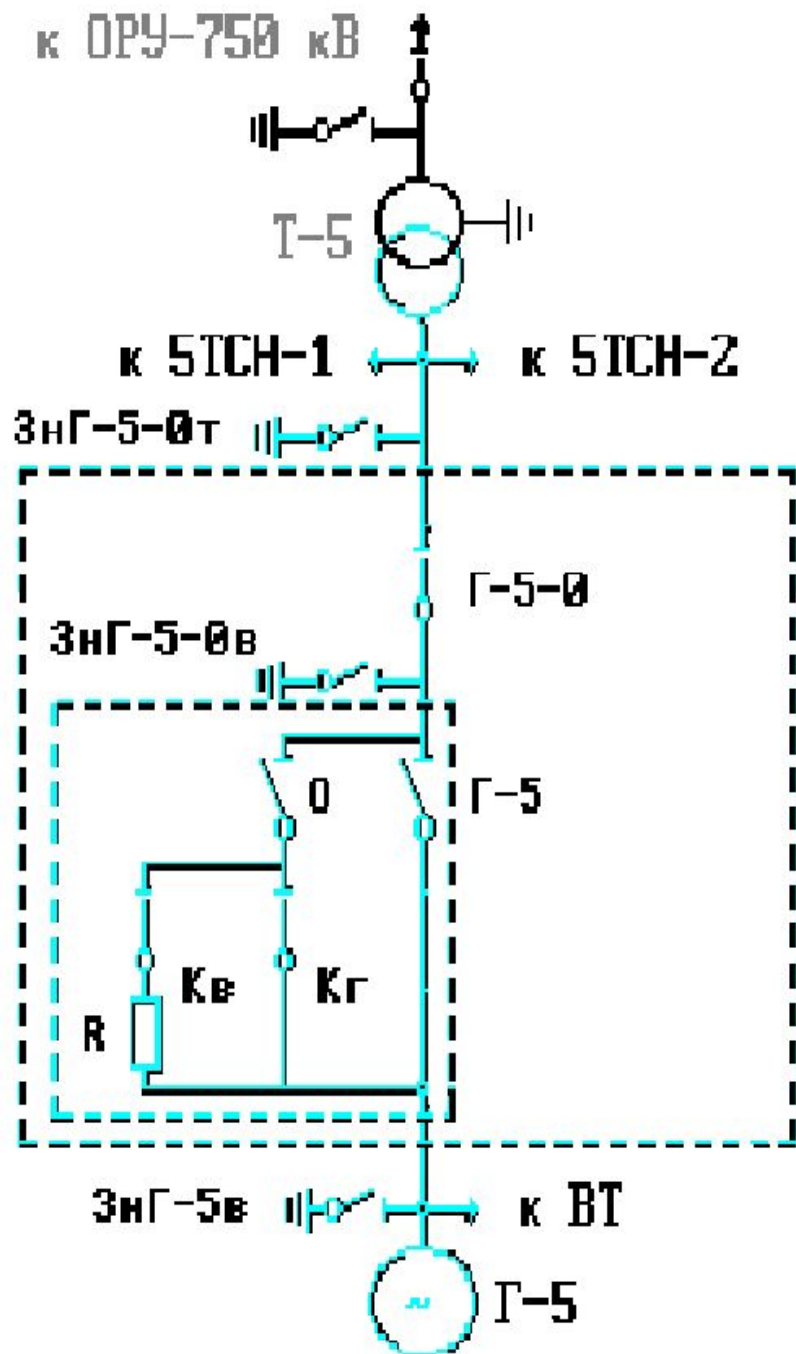


## Полное отключение КАГ-24

Обесточенную цепь размыкает контакт отделителя **О**, который создает окончательный разрыв цепи выключателя нагрузки;

После отключения отделителя прекращается подача воздуха на дугогасительные контакты **Кг** и **Кв** и они под действием своих пружин включаются;

Окончательное отключение устройства при подаче отключающего импульса от ключа **SA2** на панели НУ32 БЩУ осуществляется контактами разъединителя **Г-5-0**, который создает видимый разрыв главного токоведущего контура.



## Взаимосвязь системы токопроводов генератора и выключателя КАГ-24 с другими системами энергоблока

- Токопроводы 24 кВ энергоблоков являются элементами схемы выдачи мощности или главной схемы электрических соединений АЭС и электрические параметры ТЭКНП-24 как электроустановки полностью зависят от режима работы турбогенератора ТВВ-1000 или энергоблока, как генерирующего элемента энергосистемы.
- Забор воздуха для охлаждения токопроводов осуществляется в **МЗ** по месту расположения вентиляционной установки **QD**.
- Охлаждающая вода для воздухоохладителей системы охлаждения токопроводов 24 кВ подается из системы **VC** водоснабжения блока.



# Система воздухоснабжения КАГ-24

- Сжатый воздух давлением  $20 \text{ кгс/см}^2$  подается от ресивера емкостью  $5 \text{ м}^3$ , установленного на пристанционном узле.
- В ресивере автоматически поддерживается давление  $20 \text{ кгс/см}^2$  при помощи перепускного клапана, установленного на трубопроводе подачи сжатого воздуха.
- Этот ресивер, в свою очередь, питается от компрессорной установки, установленной в здании дизель генератора.

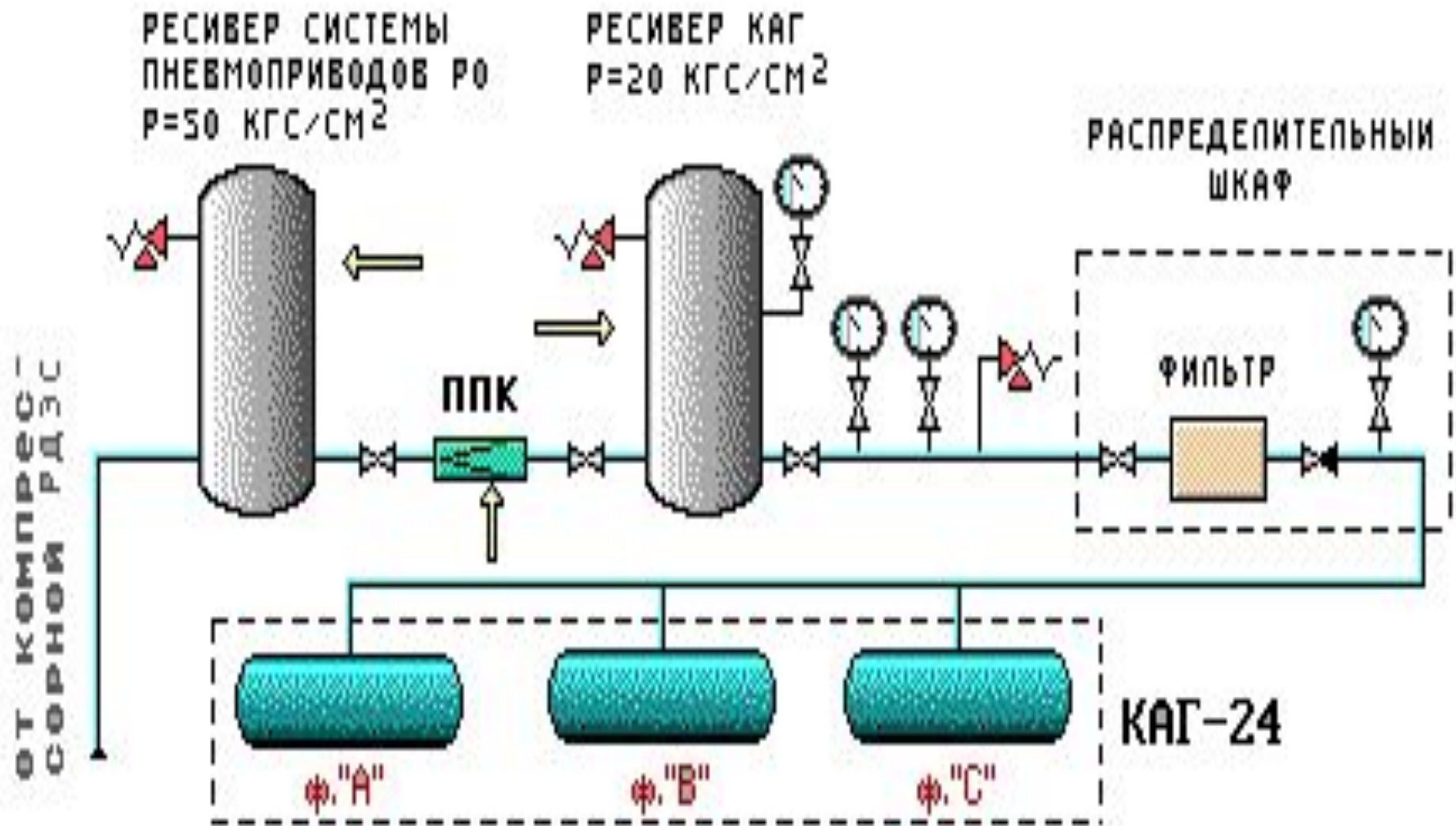
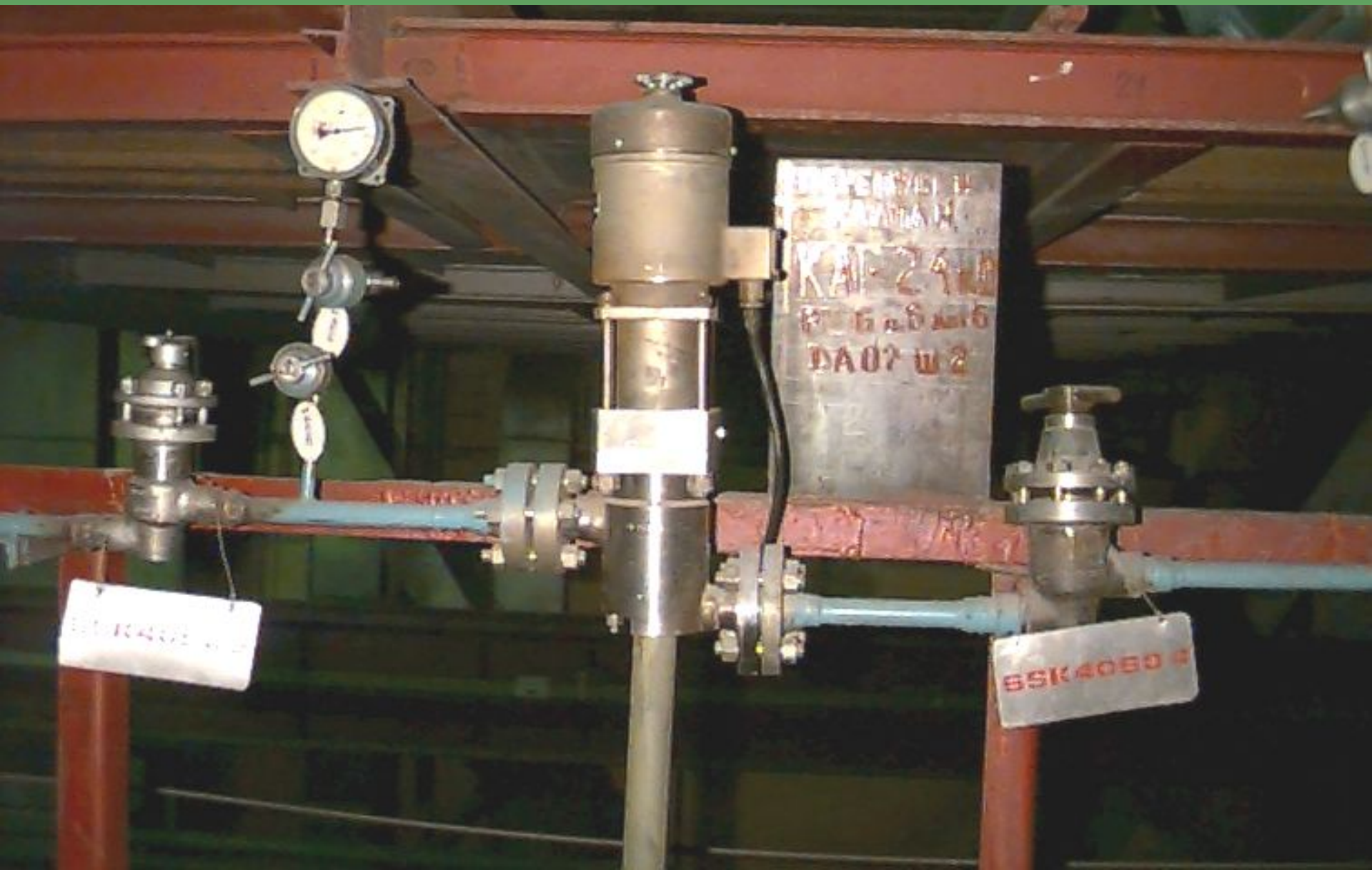


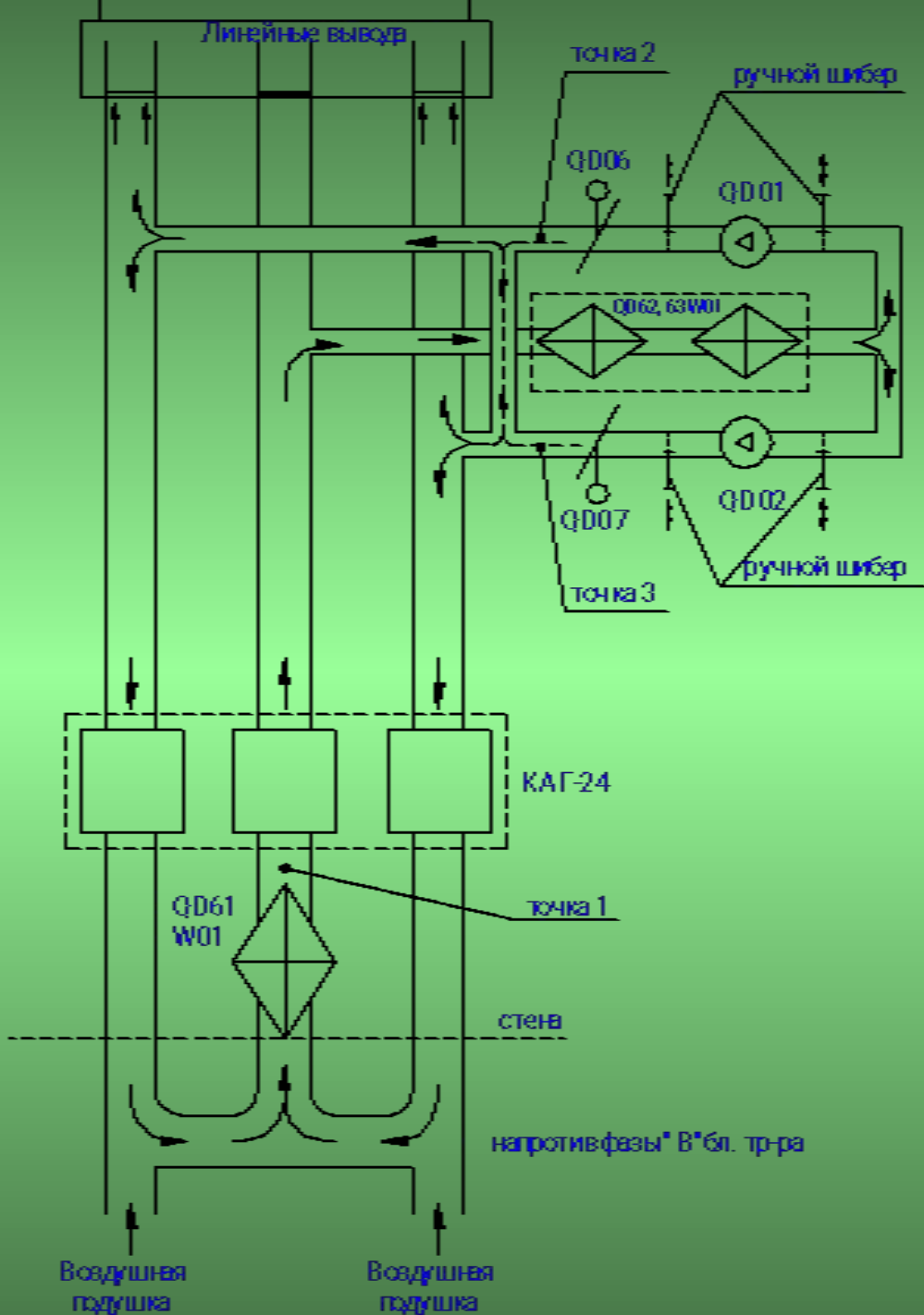
Схема снабжения КАГ-24 сжатым воздухом

Фото перепускного клапана давления 50/20 кгс/см<sup>2</sup> (SK40S03)



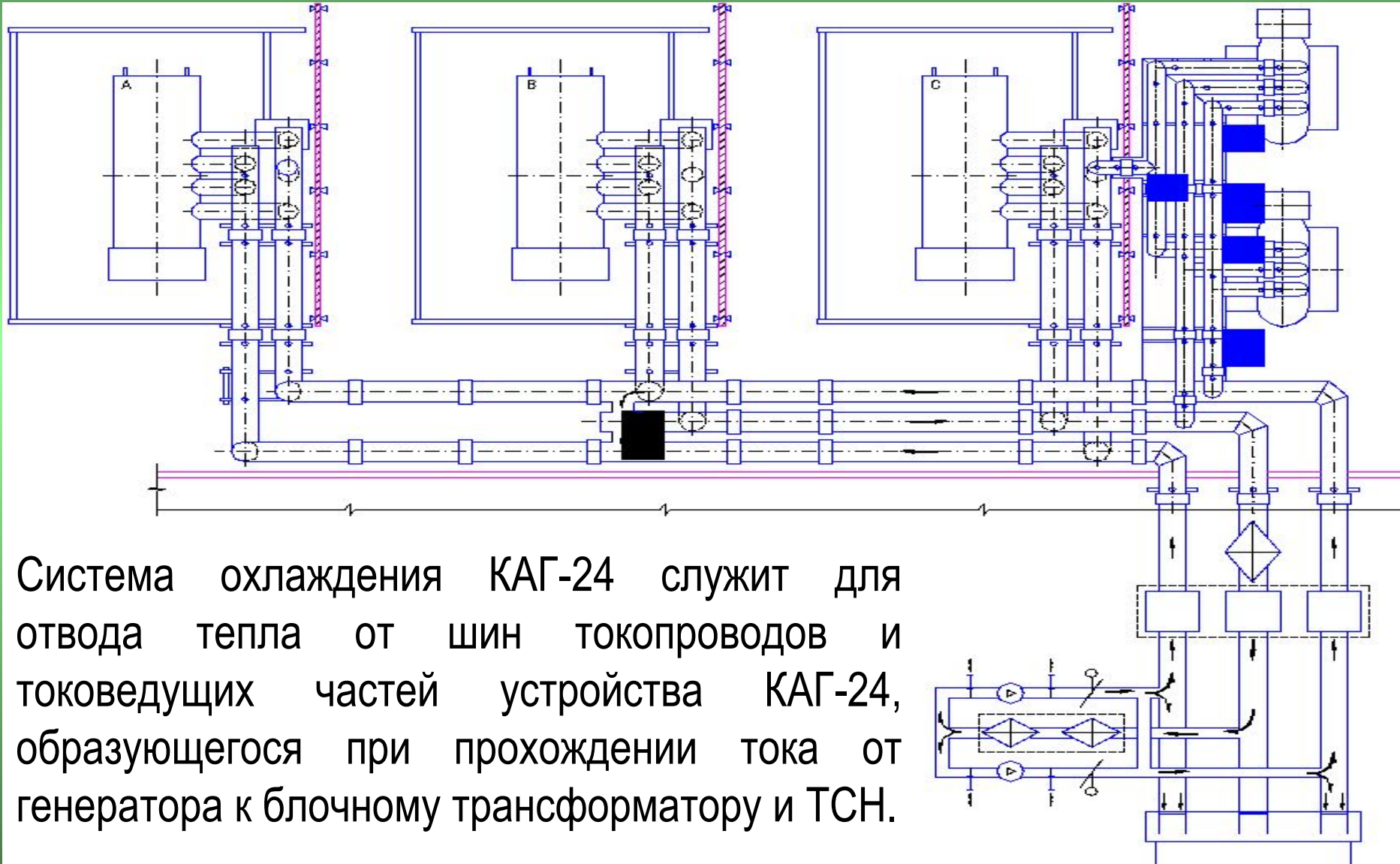
ПЦ-5 Объяснить назначение, состав, устройство и схему системы охлаждения ТКЭНП-24 и КАГ-24

- Система охлаждения КАГ-24 рассматривается в комплексе с охлаждением закрытых токопроводов ТЭКНП-24 энергоблоков 1÷6 и служит для отвода тепла от шин токопроводов и выключателя КАГ-24, образующегося при прохождении тока от генератора к блочным трансформаторам. Устройство КАГ-24 включено в контур принудительного воздушного охлаждения закрытых токопроводов 24 кВ, осуществляемого по замкнутому циклу от вентиляционной установки.



**Функциональная  
схема системы  
охлаждения  
КАГ-24  
и  
закрытых  
токопроводов  
ТЭКНП-24**

# Схема распределения воздушных потоков системы охлаждения токопроводов ТЭКНП-24 и устройства КАГ-24



Система охлаждения КАГ-24 служит для отвода тепла от шин токопроводов и токоведущих частей устройства КАГ-24, образующегося при прохождении тока от генератора к блочному трансформатору и ТСН.

# Вентилятор обдува токопроводов 24кВ QD



# Воздухоохладитель QD





## Режимы эксплуатации системы токопроводов генератора и выключателя КАГ-24

- При работе генератора необходимо контролировать температуру экранов токопровода.
- Согласно требований заводской инструкции по эксплуатации КАГ-24 (ИБДП. 674513.002 ТО), температура экранов токопровода, присоединяемого к комплектному устройству КАГ-24, должна быть не более 60 °С.
- Измерение температуры экранов производить инфракрасным термометром либо методом тепловизионного контроля в точках, указанных в инструкции по эксплуатации токопроводов типа ТЭКН -24 (ЭТ.638.ИЭ).
- Разрешается эксплуатация токопроводов и КАГ-24 с локальными поверхностными нагревами фланцевых соединений до 120 °С согласно ГОСТ 8024-90.
- При нарушении работы вентиляционной установки (отключение) и невозможности их быстрого устранения токовая нагрузка генератора должна быть снижена до 16 000 А.

# Защиты, автоматика и блокировки КАГ-24

## *Электрические защиты*

Электрические защиты блока на отключение выключателя нагрузки КАГ-24 не действуют.

## *Технологические защиты*

При работе технологических защит турбины через 2 минуты после посадки стопорных клапанов отключается выключатель КАГ-24 контактом реле схемы защиты блока. При работе технологических защит турбины со срывом вакуума отключение выключателя КАГ происходит без выдержки времени

## *Автоматика*

к автоматике электрической схемы управления выключателем нагрузки КАГ-24 относятся:

- защита от неполнофазного режима;
- УРОВ;
- защита электромагнитов управления.

## ***Блокировки***

Электрическая схема управления выключателем нагрузки КАГ-24 имеет следующие блокировки:

- запрет операции «Вкл.» или «Откл.» выключателя КАГ-24 при снижении давления воздуха в резервуарах менее  $19 \text{ кгс/ см}^2$ ;
- запрет операции «Откл.» выключателя на 3 с после операции «Вкл.»;
- запрет операции «Откл.» выключателя при токе в цепи статора генератора более 30 кА;
- запрет включения выключателя при включенном заземлителе ЗНГ-1 (2÷6) Ов;
- блокировка многократных включений/отключений выключателя нагрузки КАГ-24.

