

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**Проблемы надежности при  
организации параллельной работы  
энергосистемы Афганистана  
с ОЭС ЦА**

*Подготовлено КДЦ «Энергия»*

г.Алматы

22.04.2009г.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

В мировой практике надежность функционирования крупных энергообъединений обеспечивалась за счет:

- выполнения **принципа надежности N-1**, требующего выполнения такого резервирования, при котором отключение любого элемента энергосистемы не приводит к нарушению энергоснабжения;
- внедрения **специализированных средств противоаварийного управления**, направленных на снижение вероятности возникновения аварий и их развития.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Первый путь получил распространение в западных энергообъединениях. Он сопряжен со значительными средствами, которые необходимо вложить в электросетевое строительство для обеспечения достаточного резервирования.

Является ли он достаточным для обеспечения надлежащей надежности функционирования всего энергообъединения или его частей?

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES



Съемка из космоса полного погашения энергосистемы Италии

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Опыт функционирования энергосистем Западной Европы, США, Мосэнерго, в которых, как оказалось, уровень внедрения средств противоаварийного управления недостаточен, показывает:

- за счет резервирования (применения принципа N-1) достичь гарантированной бесперебойной и безаварийной работы энергообъединения невозможно;
- человеческий фактор, задержка в принятии правильных решений не исключает каскадного развития аварии в энергосистеме.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

На территории бывшего Советского Союза функционировало большое число энергообъединений (ОЭС), удаленных и работавших изолированно друг от друга.

Межсистемные связи не соответствовали принципу надежности N-1.

Поэтому при объединении ОЭС в Единую энергосистему (ЕЭС) особое внимание уделялось противоаварийному управлению, что позволило:

- снизить затраты на строительство электрических сетей;
- повысить надежность работы ЕЭС в напряженных режимах.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

В настоящее время идет становление энергосистемы Афганистана, в том числе интенсивное электросетевое строительство. Планируется организация параллельной работы афганской энергосистемы с ОЭС ЦА и через нее с ЕЭС СНГ.

При вхождении на параллельную работу к афганской энергосистеме будут предъявляться те же требования и критерии, что и для других участников ЕЭС СНГ.

Учитывая, что интерфейс ОЭС ЦА – Афганская энергосистема квалифицируется как **слабая связь**, особое внимание будет необходимо уделить **противоаварийному управлению**.

# MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

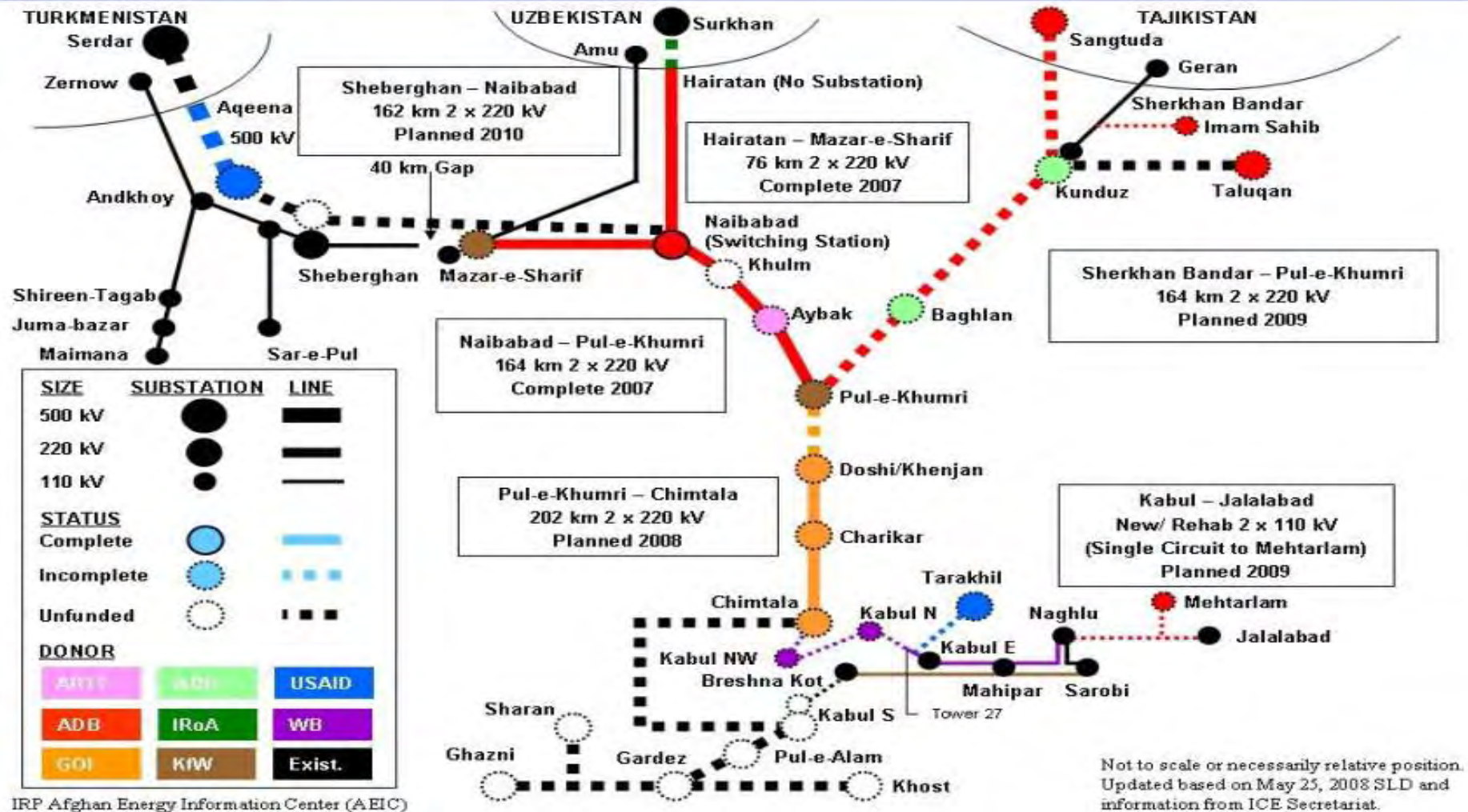
Карта-схема основных эл.сетей 220 - 500 кВ ОЭС Центральной Азии 2009 г.





# MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

## NEPS Status



MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Краткие сведения  
по противоаварийному управлению,  
используемому в энергосистемах СНГ

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**Противоаварийное управление** включает в себя:

- автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) сильного действия, установленного на генераторах электрических станций;
- релейную защиту электрических сетей (РЗ);
- противоаварийную автоматику (ПА).

Принципы АРВ и РЗ, применяемые в западных и восточных энергообъединениях, практически одинаковы.

Принципы ПА в ЕЭС СНГ имеют свои особенности.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**Противоаварийная автоматика** – комплекс устройств, расположенный на энергетических объектах, предназначенный для обеспечения устойчивости энергосистемы.

**Устойчивость** – способность энергосистемы сохранять параллельную работу входящих в нее элементов при различных возмущениях.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**Статическая устойчивость** – способность энергосистемы сохранять параллельную работу при малых возмущениях (включение или отключение нагрузки, нерегулярные колебания в энергосистеме).

**Динамическая устойчивость** – способность энергосистемы сохранять параллельную работу при больших возмущениях (отключение любого элемента напряжением 500 кВ, короткое замыкание на ВЛ-500 кВ, отключение наиболее крупного генератора или блока и т.п.).

Запасы устойчивости нормируются и оцениваются коэффициентом запаса устойчивости.

## Коэффициент запаса устойчивости узлов нагрузки

$$K_u = \frac{U_{\text{нагр}} - U_{\text{кр}}}{U_{\text{нагр}}} \cdot 100\%,$$

где  $U_{\text{нагр}}$  – длительно поддерживаемое напряжение в узлах нагрузки,

$U_{\text{кр}}$  – критическое напряжение, при котором нарушается устойчивость работы двигателей.

$K_u$  в нормальных режимах должен быть не менее 15%, в вынужденных утяжеленных режимах – не менее 10%.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Коэффициент запаса статической устойчивости  
межсистемных связей

$$K_p = \frac{P_{\text{пред}} - P - \Delta P}{P} \cdot 100\%,$$

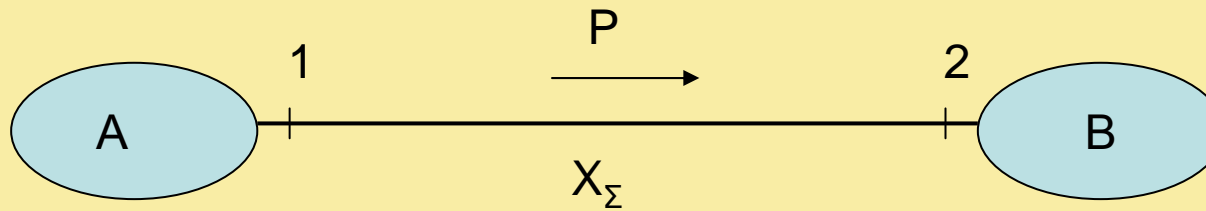
где  $P_{\text{пред}}$  – предел передаваемой мощности,

$P$  – передаваемая мощность по межсистемной связи,

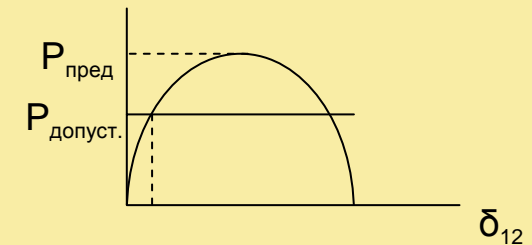
$\Delta P$  – нерегулярные колебания.

$K_p$  должен быть не менее 20% в нормальном режиме и не менее 8% в кратковременном послеаварийном режиме.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES



$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{X_\Sigma} \cdot \sin \delta_{12} = P_{\text{пред}} \cdot \sin \delta_{12}$$



При передаваемой мощности  $P$ , близкой к предельно допустимой, коэффициент запаса уменьшается.

При углах  $\delta_{12}$ , меньших  $90^\circ$  - зона устойчивой работы.



## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

При не соблюдении запасов устойчивости может произойти нарушение параллельной работы между частями энергосистемы, т.е. одна или несколько частей энергосистемы будут работать асинхронно с остальной частью энергосистемы.

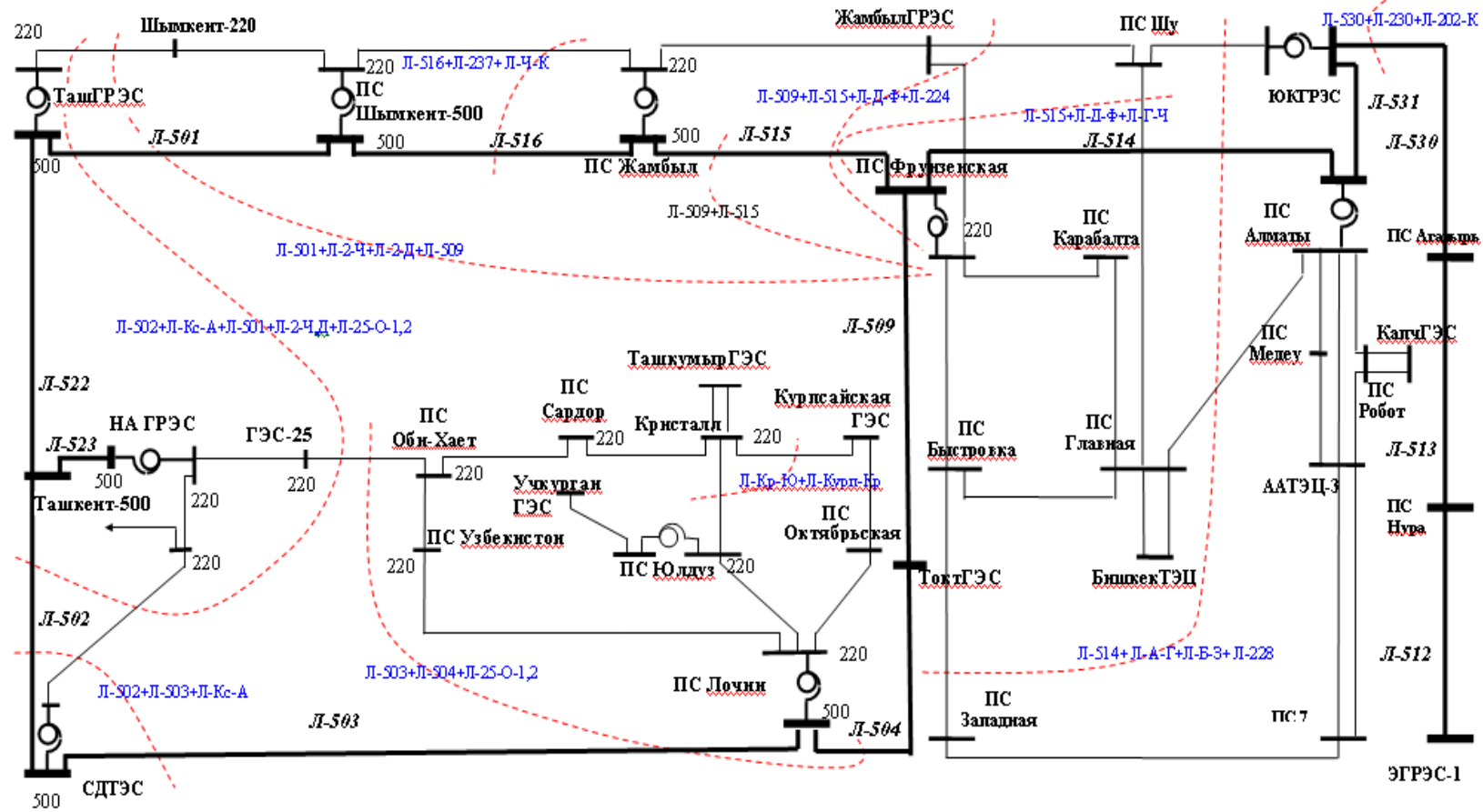
В асинхронном режиме мощность по межсистемной связи не передается, что приводит к избытку мощности в передающей части энергосистемы и ее дефициту в приемной части.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Путем периодических расчетов специалисты энергосистемы должны проверять достаточность запаса статической устойчивости в нормальных и ремонтных схемах.

Результаты расчетов должны быть оформлены в виде инструктивного материала для диспетчера энергосистемы, а также реализованы в оперативно-информационном комплексе для постоянного автоматизированного и визуального контроля.

# MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES



Структурная схема транзитной сети 500-220 кВ Центральной и Северной частей ОЭС ЦА

ВЛ-500 кВ  
 ВЛ-220 кВ

Схема Центральной и Северной частей ОЭС ЦА с обозначением контрольных сечений

# MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**Фрагмент из  
«Инструкции  
по автоматике  
предотвращения нарушения  
устойчивости кольца 500 кВ  
ОЭС при отключении Л-501,  
Л-502, Л-503, Л-504, Л-509, Л-  
5169, Л-522, Л-523 (с УДВ на  
СДТЭС).**

№	Схема сети	Факторы действия	КПР в сеч.	Устав-ки	Виды и объекты воздействия	Дозировка воздействия		
1	2	3	4	5	6	7		
1.	Полная схема	Л-502	P1	1600	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20) ОН ФЭУ, (ПС Шымкент)	1Г 2ст. 3ст.		
1850				ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20) ОН ФЭУ, (Сев.Кырг+АЭУ, ПС Шымкент)	2Г 3ст. 3ст.			
P8				1250	ОГ ГЭС-31	1Г		
1500				ОГ ГЭС-31 ОН ФЭУ	2Г 2ст.			
					P10	900	ОН ПС Каракуль+НБУ, (ПС Кариш)	2ст.
				L-522	P1	1600	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20, ГЭС-31) ОН ФЭУ, (ПС Шымкент)	1Г 2ст. 3ст.
				L-503		1600	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20) ОН ФЭУ	1Г 2ст.
						1850	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20) ОН ФЭУ, (Сев.Кырг+АЭУ)	2Г 3ст. 3ст.
					P3	1800	ОГ ГЭС-31, (ГЭС-7, ГЭС-20) ОН ФЭУ	1Г 2ст.
					P6	1100	ОН ФЭУ	2ст.
					P10	900	ОН ПС Каракуль+НБУ, (ПС Кариш)	2ст.
				L-504	P2	1400	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20) ОН (Сев.Кырг+АЭУ)	1Г 3ст.
						P6	1100	ОН ФЭУ
2.			Ремонт	L-522	P1	1600	ОГ ГЭС-7, (ГЭС-20, ГЭС-31) ОН ФЭУ, (ПС Шымкент)	1Г 2ст. 3ст.
	L-502		P8	1250		ОГ ГЭС-31	1Г	

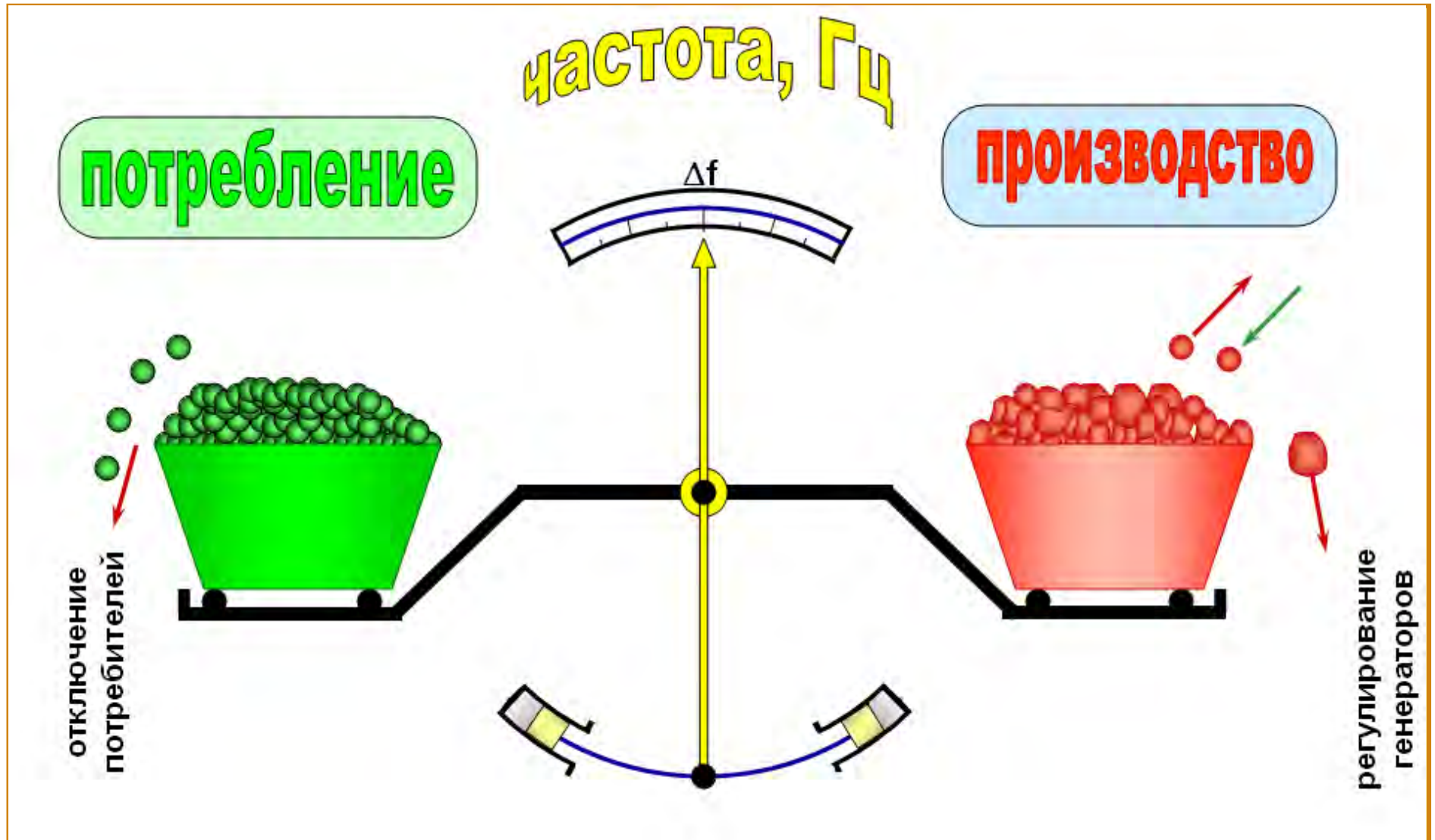


MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

По своему **функциональному назначению** устройства ПА могут быть разделены на 4 группы:

1. устройства ПА, предназначенные для предотвращения нарушения устойчивости (**АПНУ**);
2. устройства ПА, предупреждающие или ликвидирующие асинхронные режимы (**АЛАР**);
3. устройства ПА, предназначенные для предотвращения опасных снижений (**АОСЧ**) или повышений (**АОПЧ**) частоты;
4. устройства ПА, способствующие восстановлению нормальной схемы и режима (**АВР, ЧАПВ, АПГ**).

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES



Все воздействия ПА направлены на обеспечение баланса генерации и потребления как в дефицитной, так и в избыточной частях энергосистемы

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Система **АПНУ** строится на основе:

- отключение генераторов в избыточной части (ОГ);
- отключение нагрузки в дефицитной части (ОН);
- деление сети на несинхронно работающие части (ДС);
- импульсная разгрузка турбин (ИРТ);
- длительная разгрузка турбин в избыточной части (ДРТ);
- управление установками поперечной компенсации (ШР и СК);
- ввод резерва (автоматический пуск генераторов (АПГ), перевод ГГ, работавших в режиме СК, в активный режим, загрузка агрегатов, имеющих резервную мощность и т.д.).

При отказе и недостаточности действия АПНУ в энергосистеме может возникнуть асинхронный режим (АР).



MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

АР ликвидируется системой **АЛАР** путем:

- ресинхронизации частей, вышедших из синхронизма, за счет использования разгрузки генераторов в избыточных и отключения нагрузок в дефицитной частях;
- разрыва связей по сечению АР за счет использования ДС;
- использования комбинированного способа, т.е. разрывом части связей по сечению АР и ресинхронизации оставшихся несинхронно работающих генераторов.

В ОЭС ЦА для ликвидации АР в основном используется деление сети на несинхронно работающие части.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

При этом наиболее проблемными являются энергоузлы в дефицитной части энергосистемы, в которых автоматика должна предотвратить работу энергетического оборудования с частотой:

- ниже 45 Гц;
- ниже 46 Гц в течение более 10 сек.;
- ниже 47 Гц в течение более 20 сек.;
- ниже 48,5 Гц в течение более 60 сек.

При понижении частоты АОСЧ осуществляет:

- автоматический частотный ввод резерва (АЧВР);
- автоматическую частотную разгрузку (АЧР);
- выделение электростанций или генераторов со сбалансированной нагрузкой при недопустимом снижении частоты (ЧДА).

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**АЧВР** осуществляется:

- частотным пуском резервных гидрогенераторов;
- переводом гидрогенераторов, работающих в режиме синхронного компенсатора, в генераторный режим;
- загрузкой имеющих горячий резерв гидро- и турбогенераторов.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**АЧР** – специальные устройства, устанавливаемые на энергообъектах и воздействующие на отключение потребителей при снижении частоты до уставок срабатывания АЧР.

Система АЧР является самонастраивающейся, т.е. отключает ровно столько потребителей, суммарная мощность которых соответствует возникшему дефициту.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

**ЧДА** – частотная делительная автоматика, предназначенная для отделения электростанций или их частей с примерно сбалансированной нагрузкой или для выделения отдельных агрегатов на питание собственных нужд при авариях со значительными дефицитами мощности.

ЧДА применяется на тепловых электростанциях для обеспечения сохранения работоспособности станции или отдельных агрегатов в режимах с особо большими дефицитами мощности, в которых действие АЧР может оказаться неэффективным.

ЧДА выполняется двумя ступенями:

- с частотой срабатывания около 46 Гц и временем 0,5 сек.;
- с частотой срабатывания около 47 Гц и временем 30-40 сек.

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

После мобилизации резервов мощности восстановление нормальной схемы и режима производится:

- включением межсистемных связей действием устройств АПВ (автоматического повторного включения) или РПВ (ручного повторного включения, если для АПВ нет условий или АПВ неуспешное);
- последующим включением потребителей от устройств ЧАПВ (частотного АПВ) с уставками по частоте 49,2 – 50 Гц; начальная уставка по времени составляет 10-20 сек., а конечная уставка по времени определяется из возможности ликвидации дефицита мощности.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Какие виды автоматики из перечисленного выше необходимо установить в энергосистеме Афганистана при вхождении на параллельную работу с ОЭС ЦА?

Кто может, с учетом того, что время упущено, в кратчайшие сроки организовать работу ПА?

К чему приведет отсутствие автоматики?

## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

- Для определения объема и места установки устройств ПА необходимо **срочно заказать** проект (ОАО «Средазэнергосетьпроект»).
- Необходимо **до завершения** строительства электросетевых объектов **внедрить** его решения на энергообъектах ОЭС ЦА и Афганской энергосистемы (специализированные монтажные и наладочные организации).
- Необходимо **разработать** инструкции по ведению режимов и эксплуатации РЗ и ПА (КДЦ «Энергия» и «Бришно муасса»).
- Отсутствие автоматики приведет к **сдвигу сроков** полномасштабного вхождения энергосистемы Афганистана на параллельную работу с ОЭС ЦА.
- Без автоматики объемы передаваемой мощности из ОЭС ЦА в Афганистан будут **незначительны**.



## MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

### Заключение.

- Ввод линий электропередачи 220 кВ, соединяющих афганскую энергосистему с узбекской подстанцией Сурхан, намечен на 2009 год.
- Узбекской и афганской сторонами проводятся определенные работы по строительству линий, переоборудованию подстанций, оснащению релейной защитой.
- Но построенные линии **нельзя будет включать на параллельную работу** без внедрения устройств противоаварийной автоматики и подготовки персонала, в том числе для диспетчерского центра афганской энергосистемы.
- Здесь имеется существенная недоработка и отставание. Необходимо принимать экстренные меры, чтобы вышеуказанные моменты не оказались причиной задержки по подключению энергосистемы Афганистана на параллельную работу с ОЭС ЦА.

MEETING OF THE TASK FORCE REGIONAL ELECTRICITY  
COOPERATION BETWEEN CENTRAL AND SOUTH ASIAN COUNTRIES

Спасибо за внимание.