



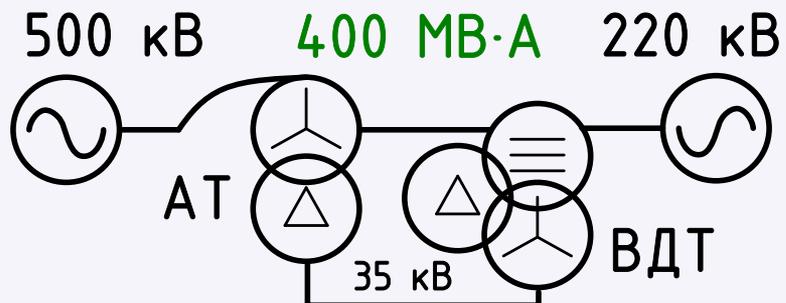
# Научно-технический центр Единой энергетической системы



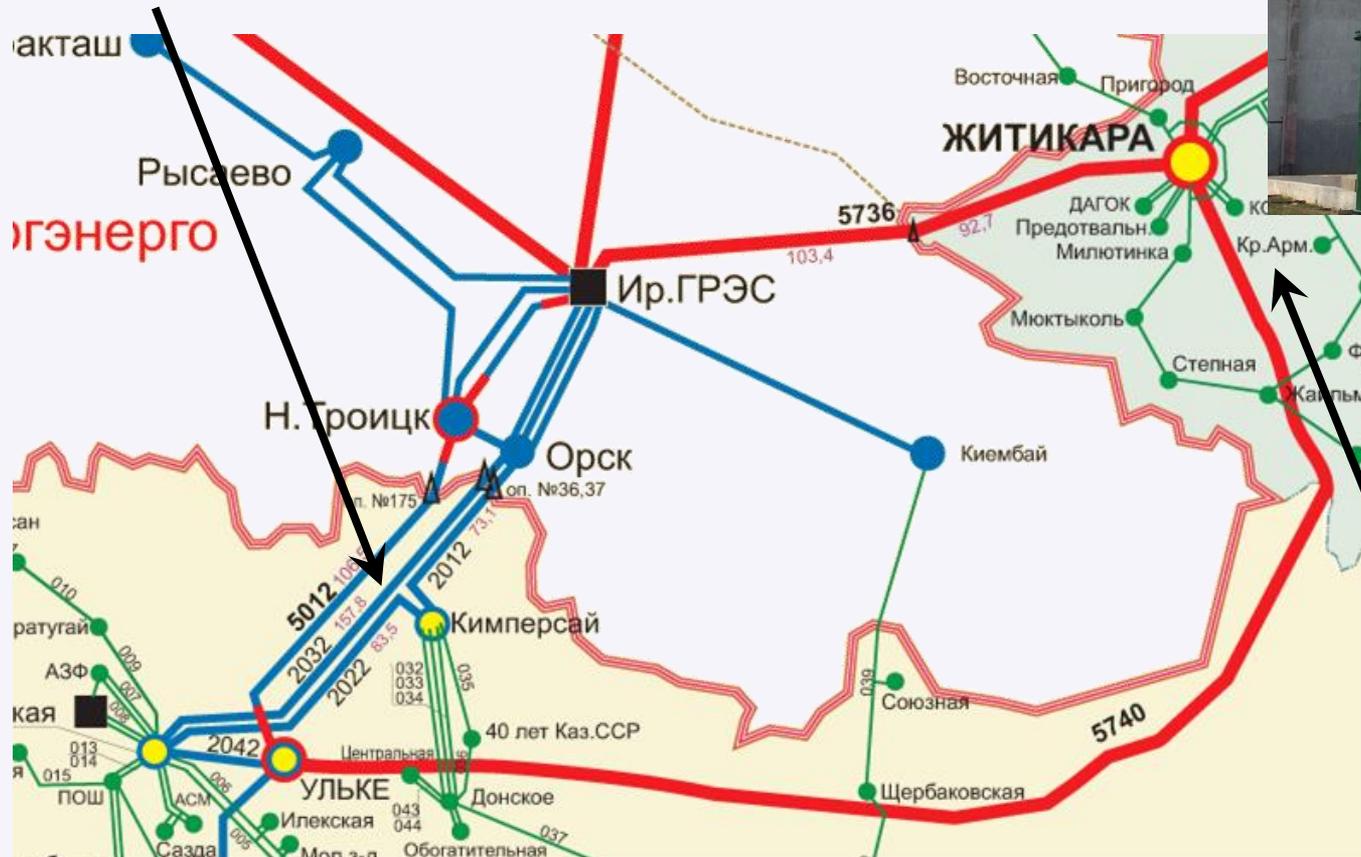
## ВНЕДРЕНИЕ ФПТ НА ВОЛЖСКОЙ ГЭС И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДОБНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РОССИИ

РФ, г. Москва, декабрь 2019 года

# ИМЕЮЩИЙСЯ ОПЫТ

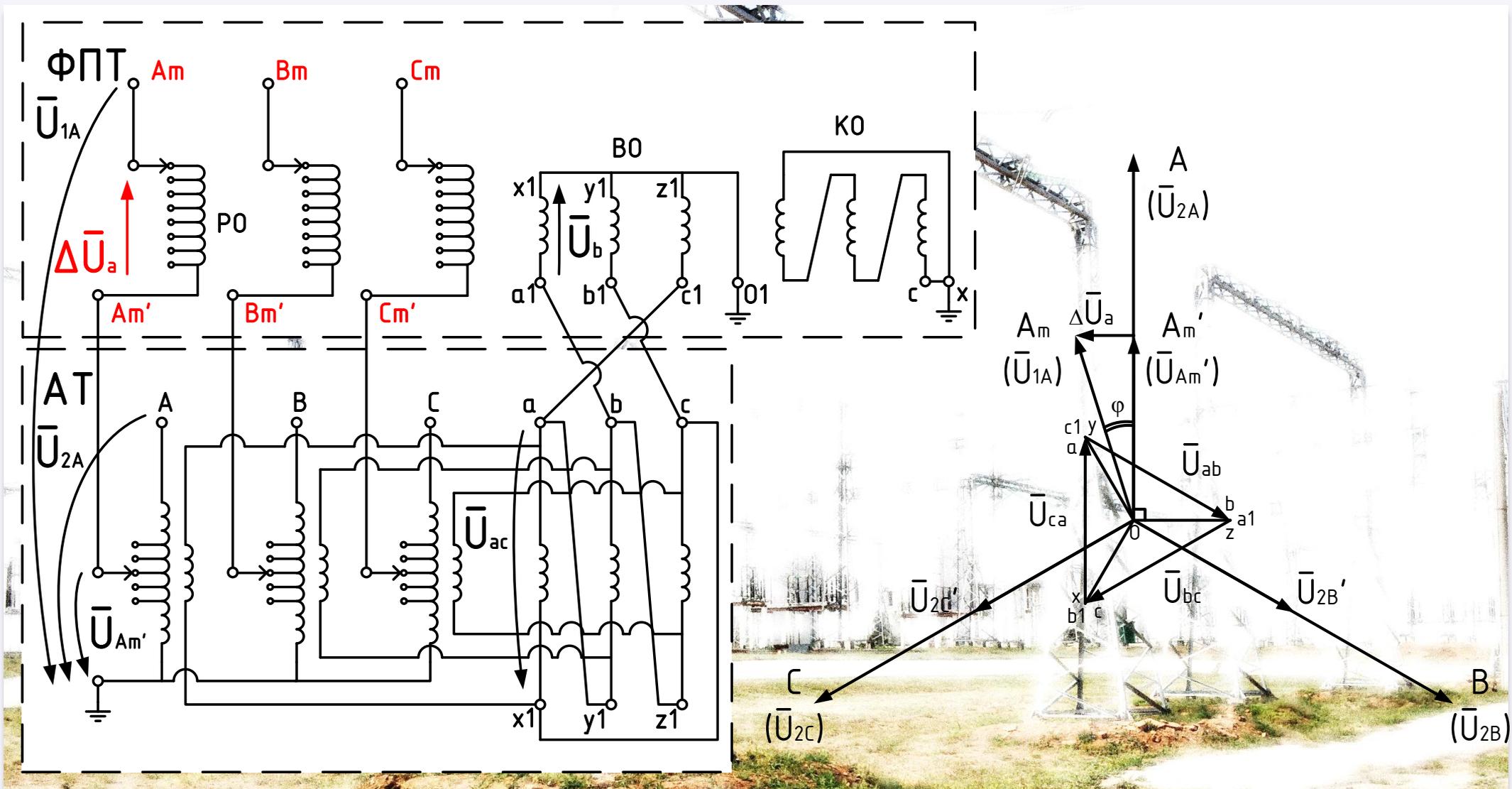


Западная часть  
ЭС Казахстана

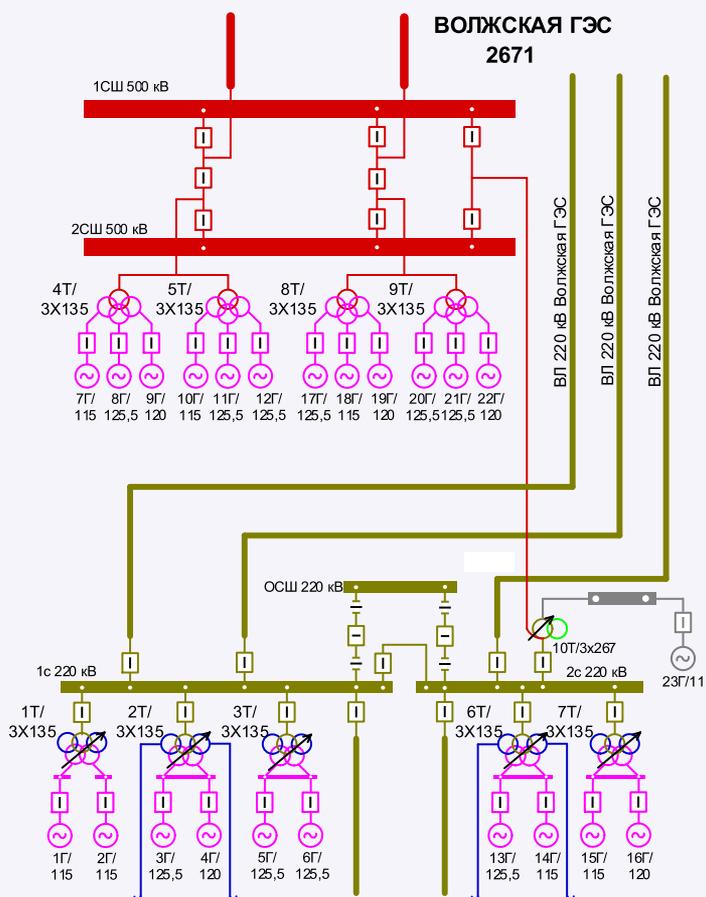
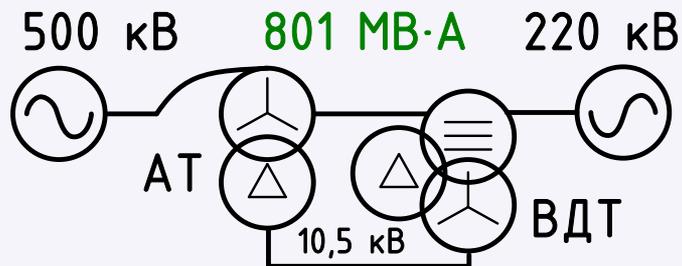


Северная часть  
ЭС Казахстана

# ТРЕХФАЗНАЯ СХЕМА И ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА ХОЛОСТОГО ХОДА ФАЗОВОРОТНОГО КОМПЛЕКСА



# ЗАДАЧА ПО УВЕЛИЧЕНИЮ РАСПОЛАГАЕМОЙ МОЩНОСТИ ВОЛЖСКОЙ ГЭС



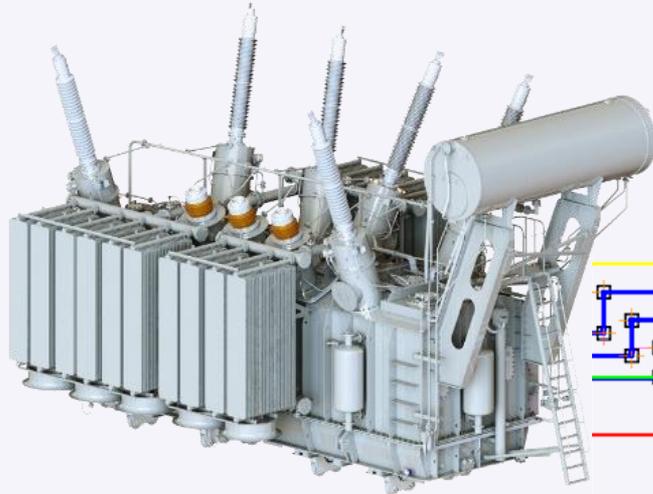
## Факторы, влияющие на потокораспределение:

- Снижение потребления «Волгоградского алюминиевого завода» на 95 %;
- Вывод из эксплуатации передачи постоянного тока 800 кВ Волгоград – Донбасс;
- Перемаркировка блоков Волжской ГЭС с увеличением установленной мощности до 2744,5 МВт.

# КОМПОНОВКА ФАЗОВОРОТНОГО КОМПЛЕКСА НА ВОЛЖСКОЙ ГЭС



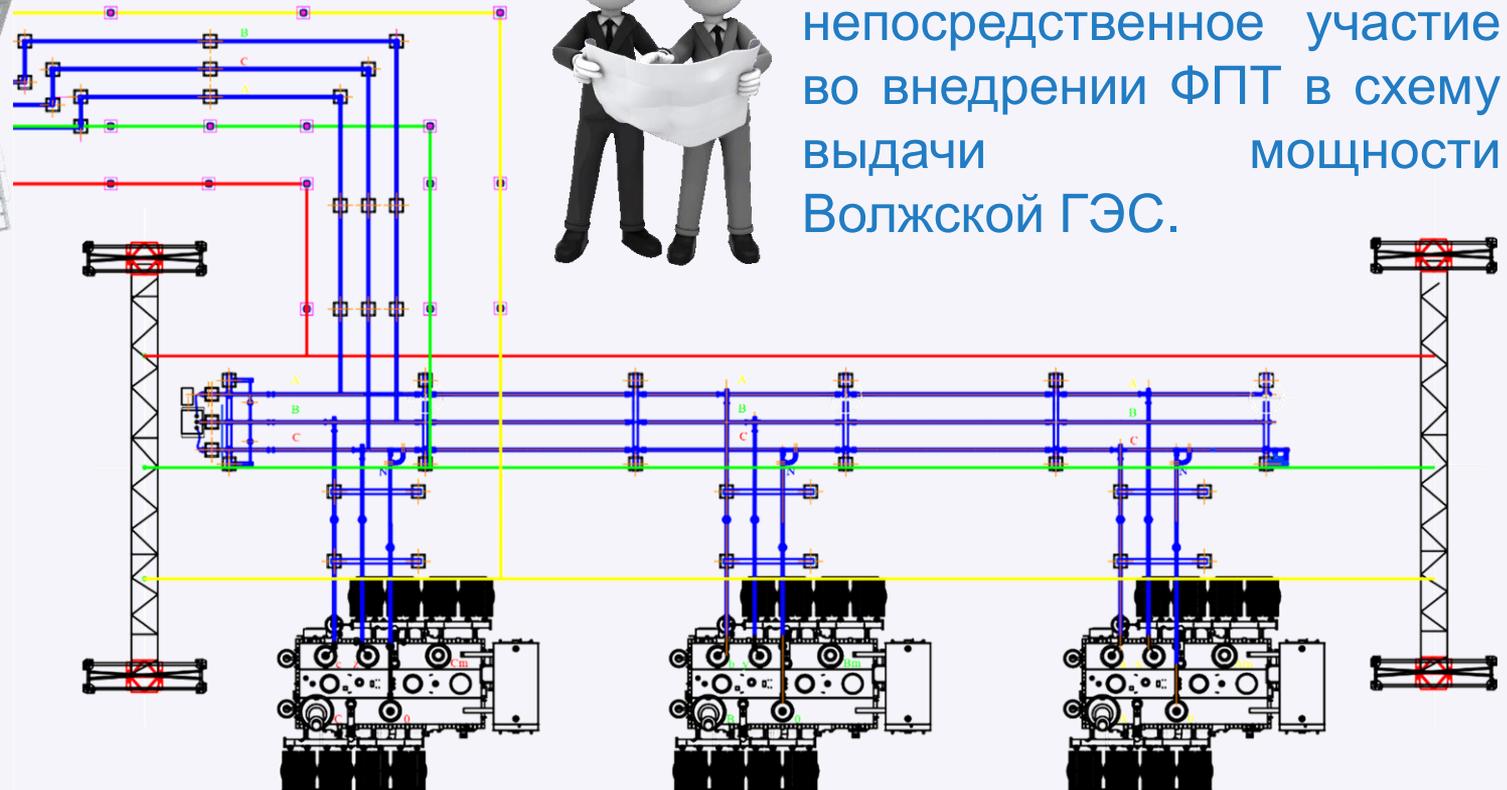
СИЛОВЫЕ МАШИНЫ - ТОШИБА  
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ



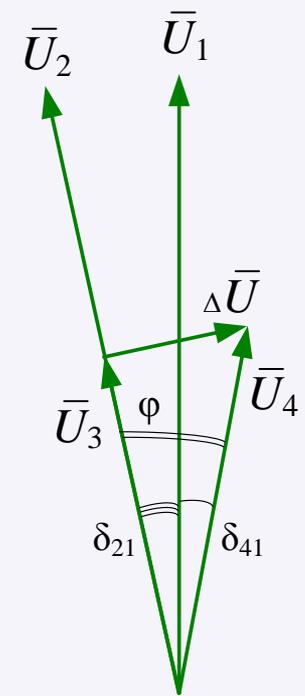
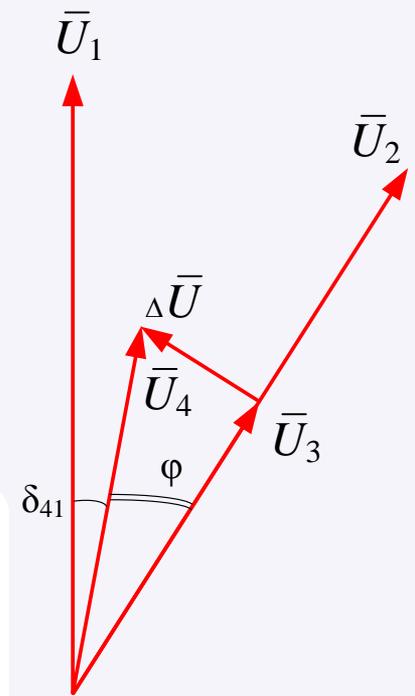
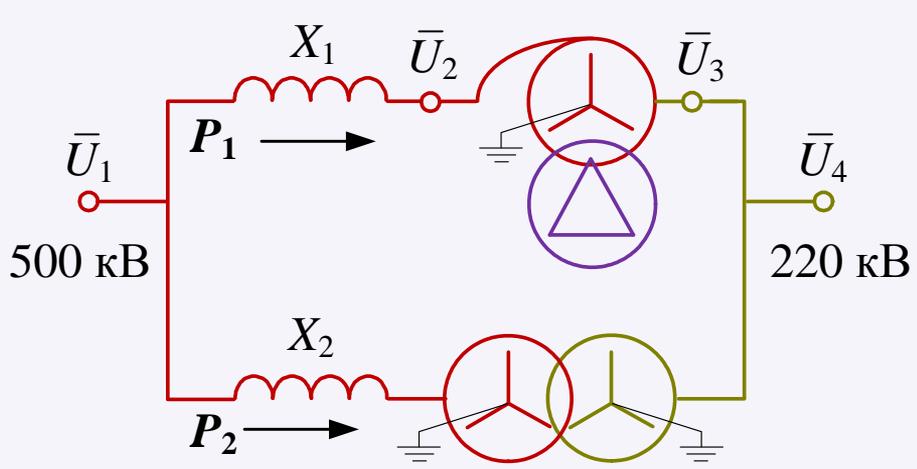
Решена задача по увеличению  
располагаемой мощности ГЭС  
до **2744,5 МВт**.



АО «НТЦ ЕЭС» принимало  
непосредственное участие  
во внедрении ФПТ в схему  
выдачи мощности  
Волжской ГЭС.

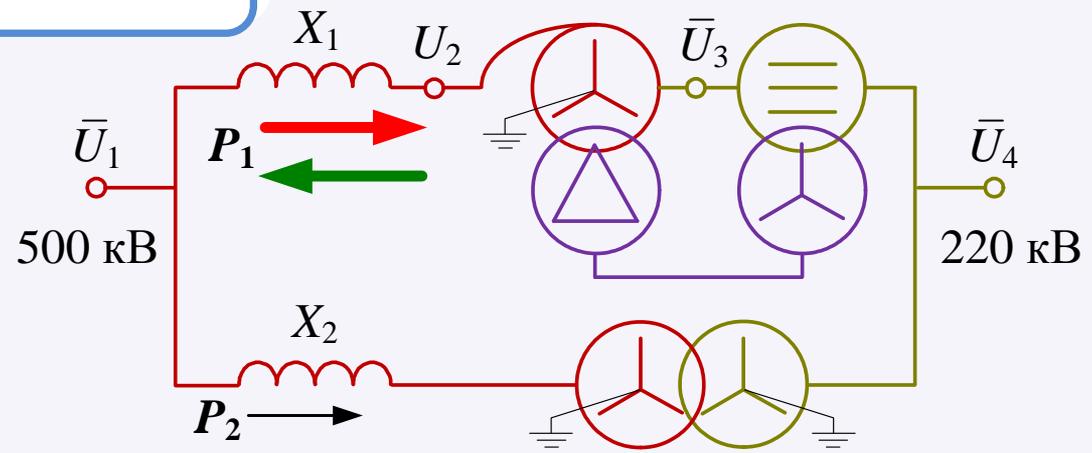
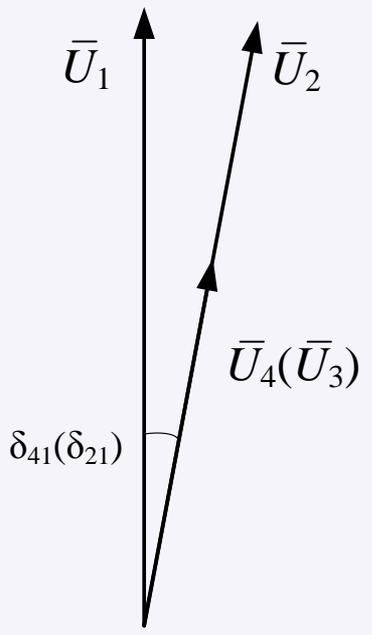


# ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ФАЗОВОРОТНОГО КОМПЛЕКСА

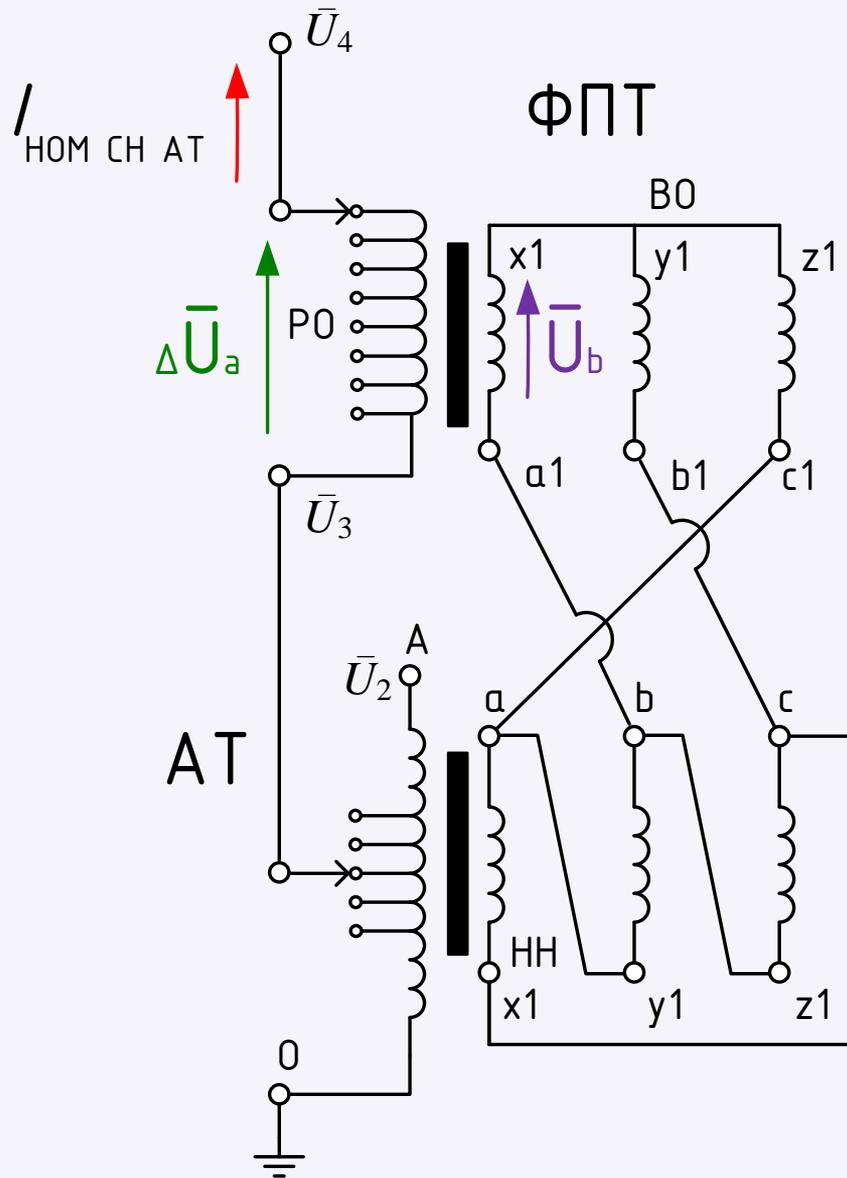


$$P_1 = \frac{U_1 U_2}{x_1} \sin \delta_{21} = \frac{U_1 U_2}{x_1} \sin(\delta_{41} + \phi),$$

$$P_2 = \frac{U_1 U_4}{x_2} \sin \delta_{41}$$

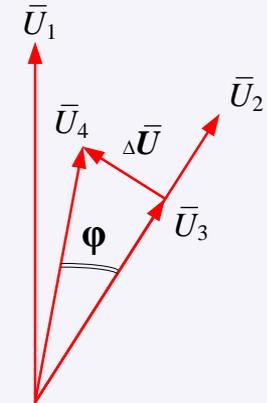


# ВЕЛИЧИНА УГЛА ФАЗОВОРОТНОГО КОМПЛЕКСА



## ЭТАП 1:

Определение угла ФПТ ( $\Delta U$ )



## ЭТАП 2:

Определение проходной мощности ФПТ ( $I_{\text{НОМ СН АТ}}$ )

## ЭТАП 3:

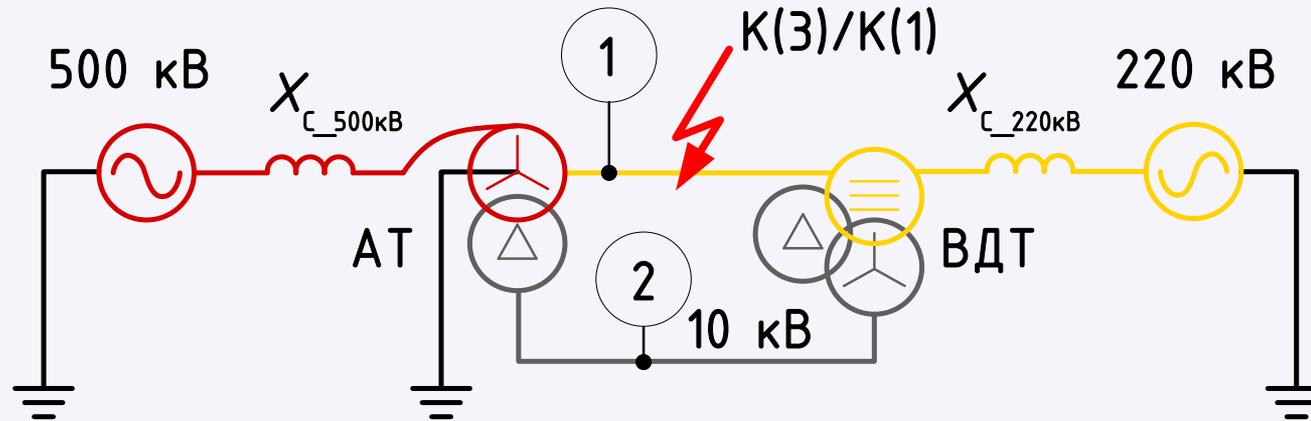
Определение типовой мощности ФПТ:

$$S_{\text{ФПТ}} \approx 3 \times I_{\text{НОМ СН АТ}} \times \Delta U$$

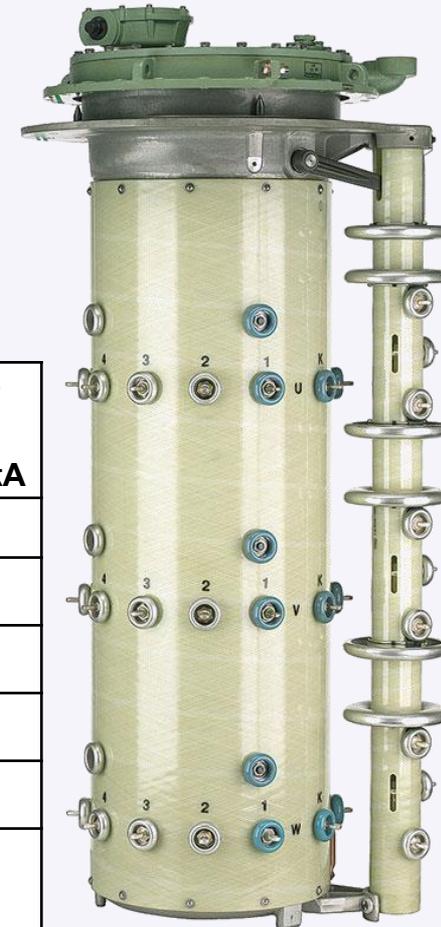
# ВЫБОР УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛА ФАЗОВОРОТНОГО КОМПЛЕКСА



## ПБВ



## РПН



Положение ПУ РПН ВДТ	Число включенных ступеней РО	$\Delta U_{PO}$ , кВ	$\varphi$ , эл. град.	Максимальное действующее значение периодической составляющей тока в начальный момент времени в РО ВДТ, кА		
				К(1)	К(11)	К(3)
1	0	0,00	0,00	28,9	28,8	26,3
2	1	2,02	0,87	28,8	28,6	26,2
3	2	4,05	1,75	28,5	28,2	26,1
4	3	6,07	2,62	28,1	27,8	25,7
...	...	...	...	...	...	...



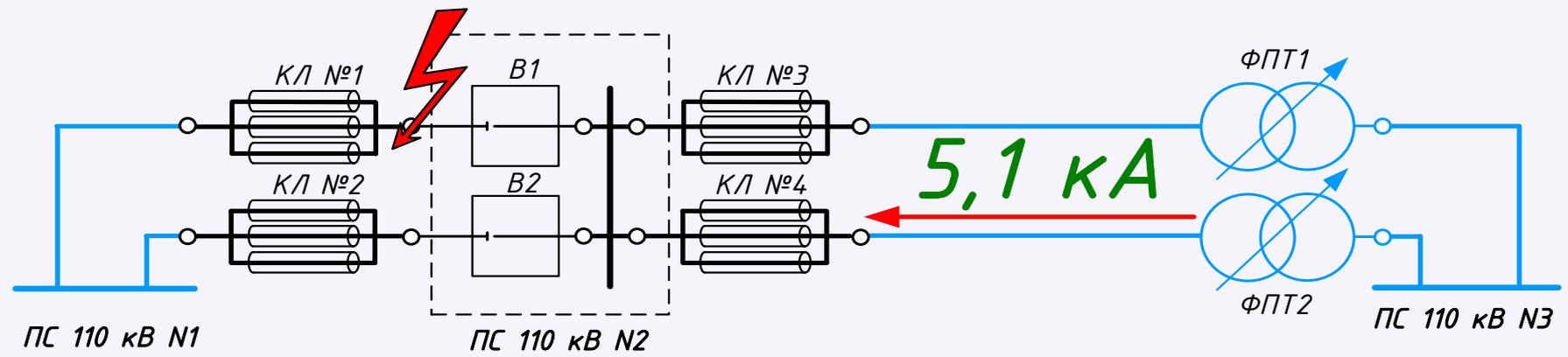
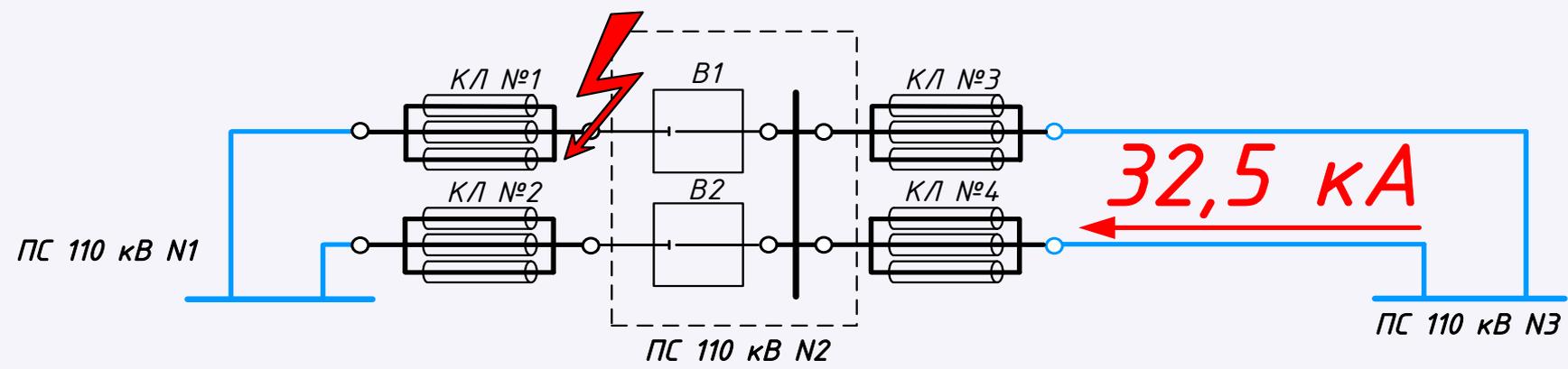
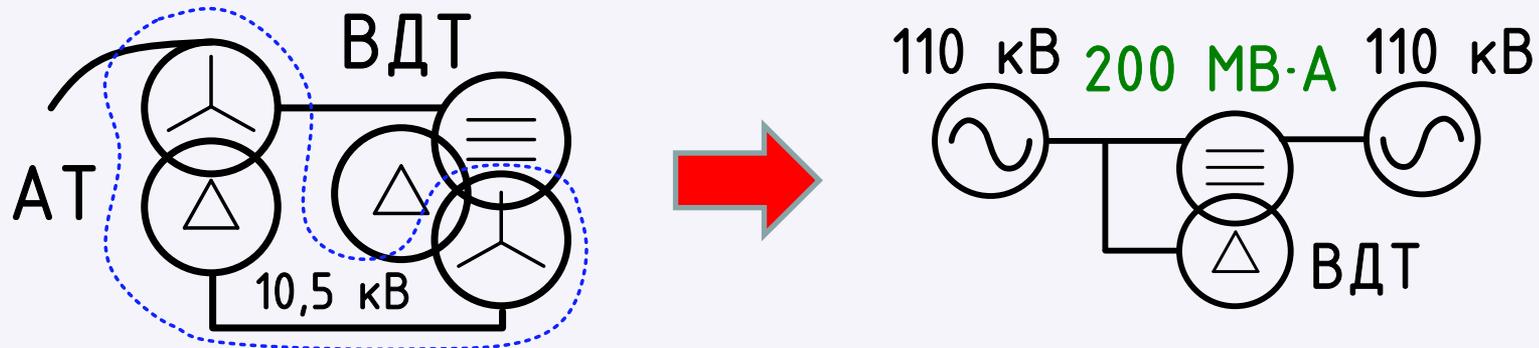
**Научно-технический центр  
Единой энергетической  
системы**



**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ФПТ  
В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РОССИИ**

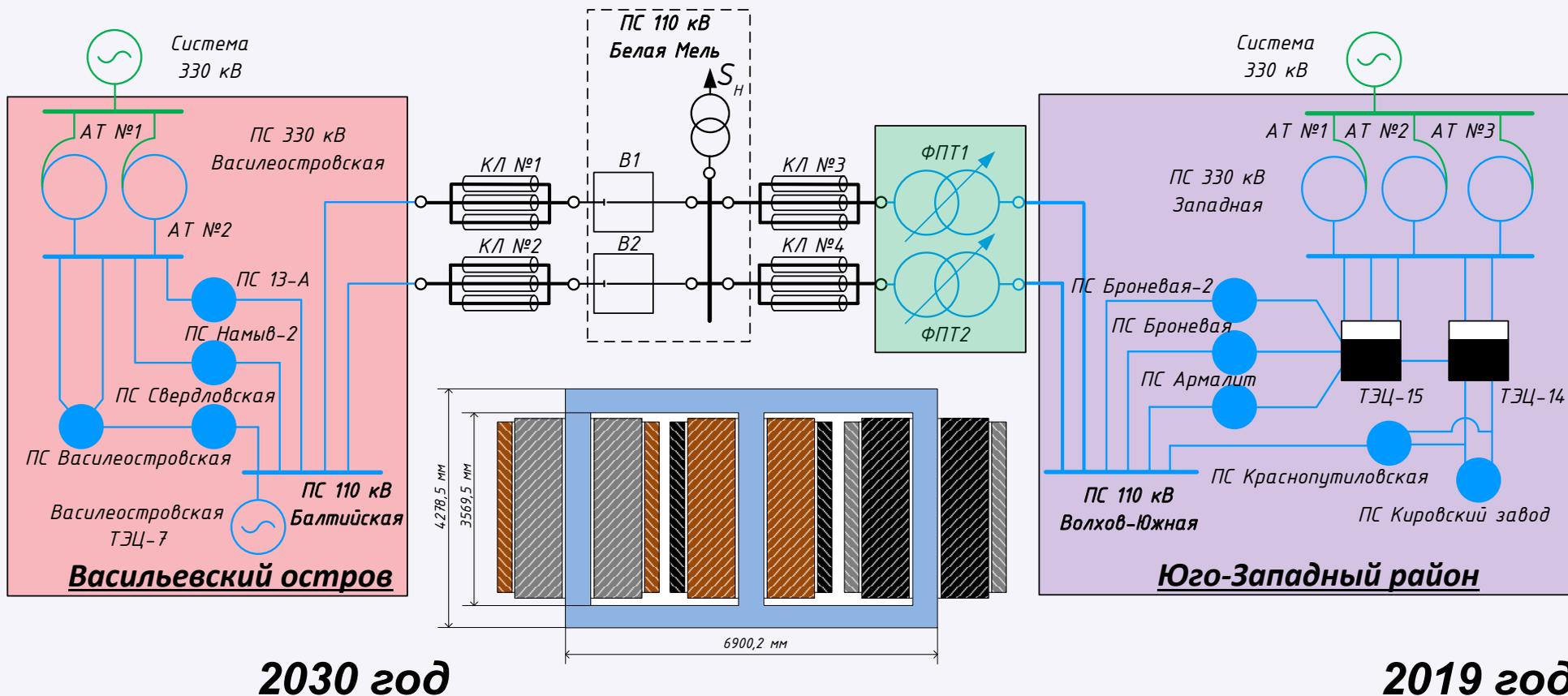
РФ, г. Москва, декабрь 2019 года

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФПУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110 кВ И ВЫШЕ



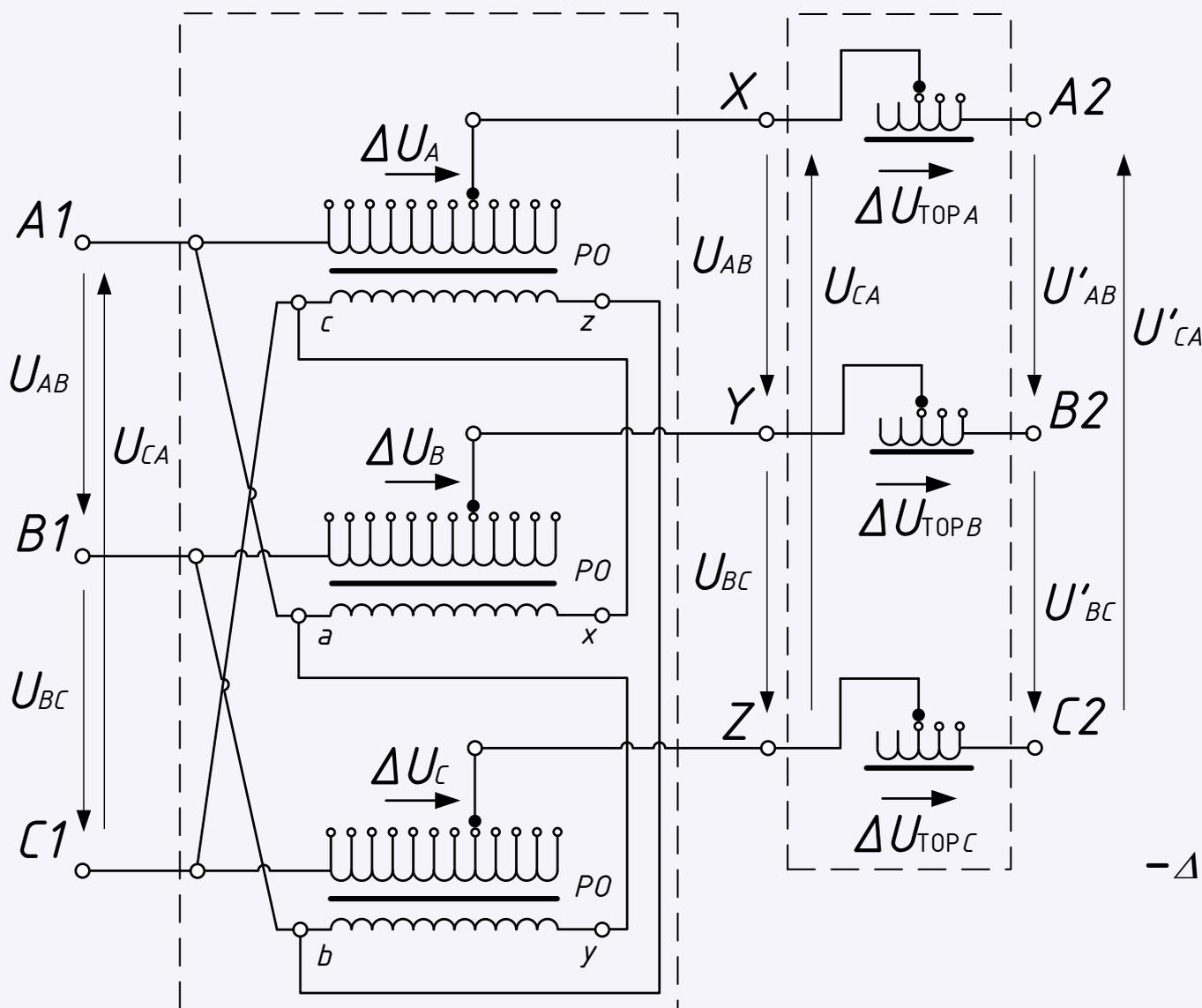


# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФПУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110 кВ И ВЫШЕ

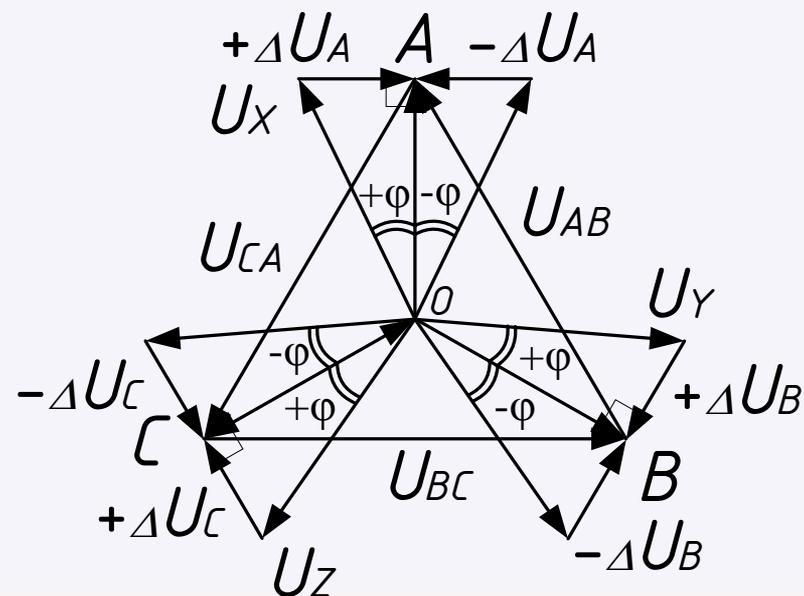


Номер отпайки	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_{ФПТ}, \text{ Ом}$	10,0	10,8	11,7	12,5	13,5	14,4	15,4	16,4	17,4
$\varphi, \text{ эл. град.}$	6,6	6,9	7,2	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4	8,7

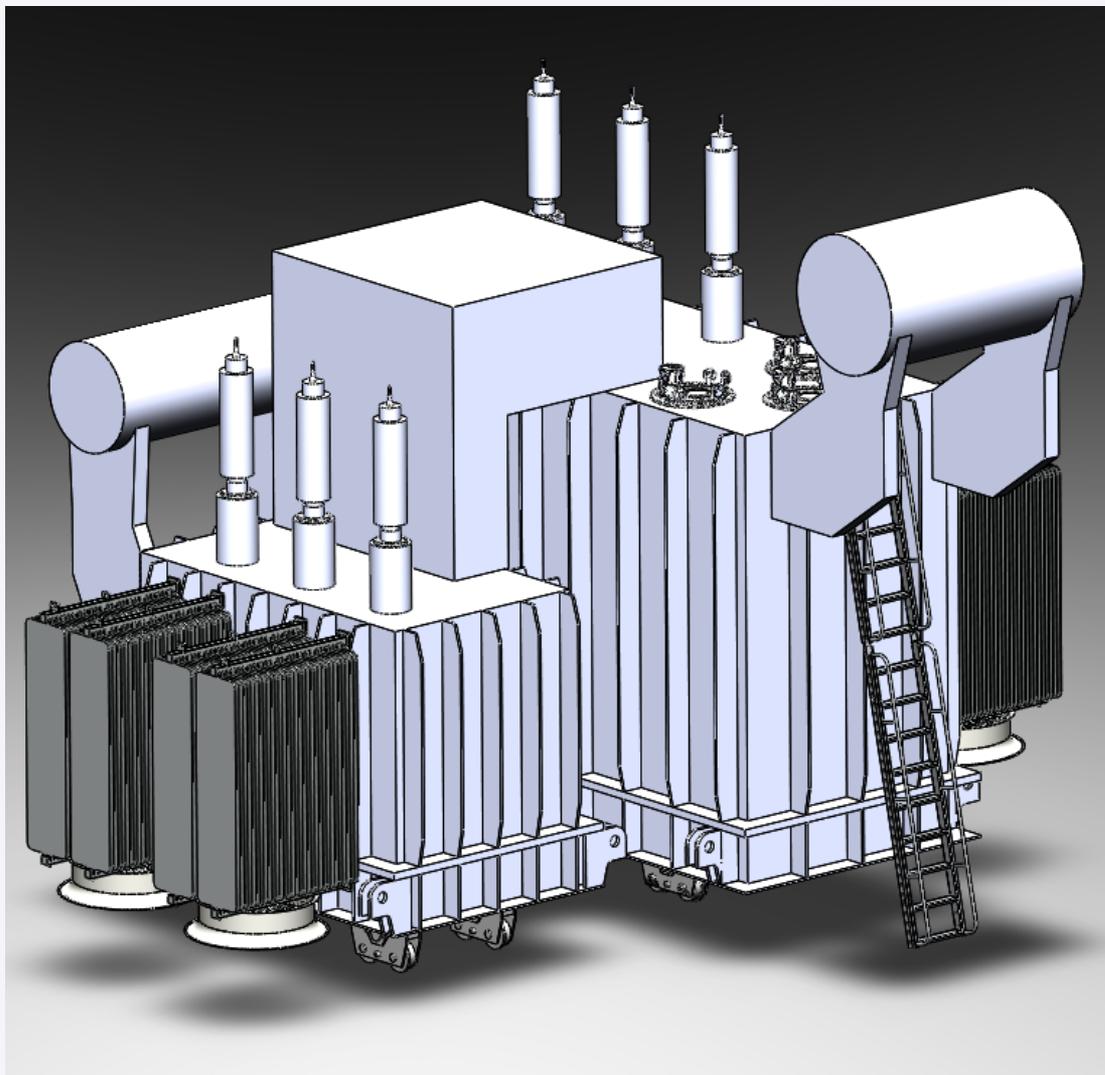
# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФПУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110 КВ И ВЫШЕ



1. ВДТ снабжен устройством регулирования под нагрузкой (РПН) с реверсом.
2. Токоограничивающий ярмовый реактор с ферромагнитным сердечником и устройством переключения без возбуждения (ПБВ).

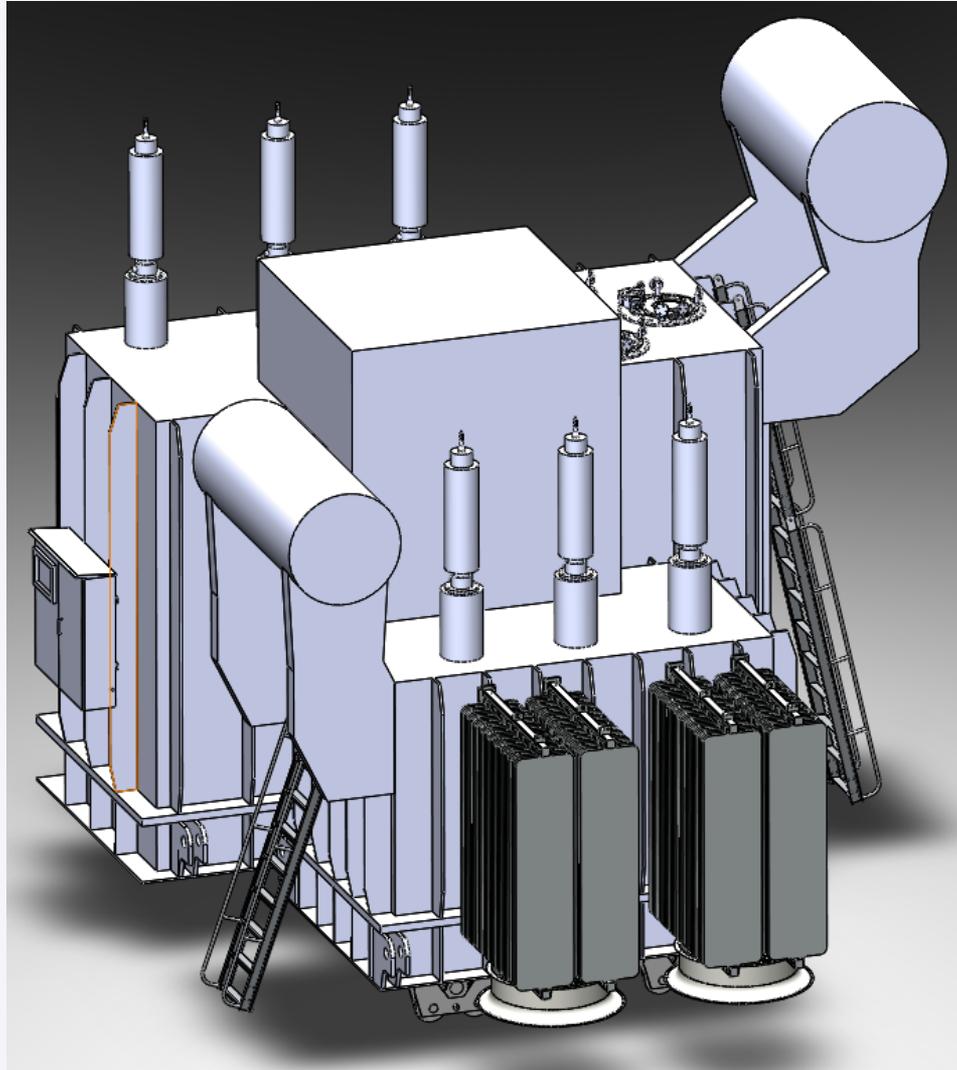


# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФПУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110 КВ И ВЫШЕ



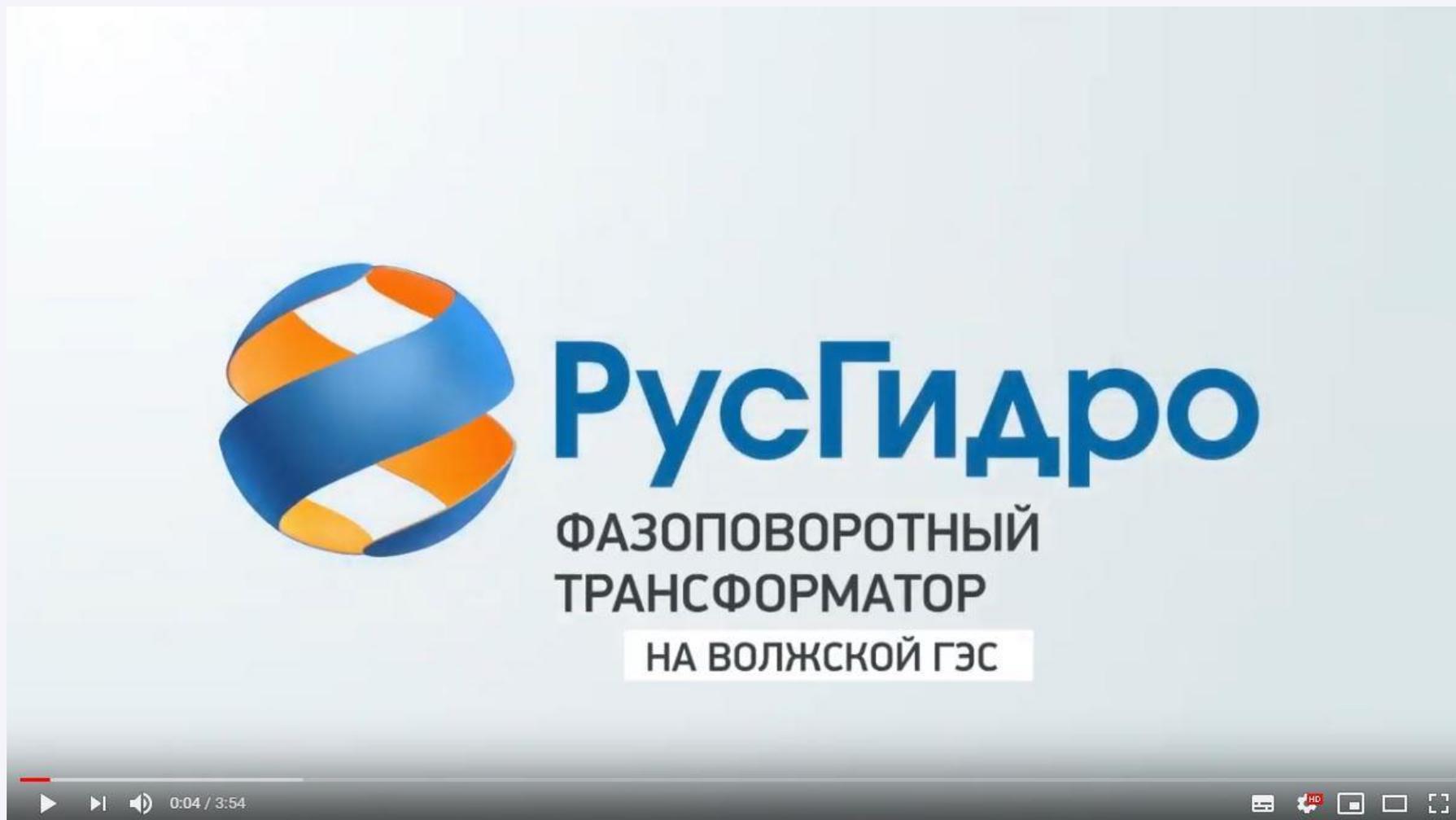
Наименование	Параметры
Конструктивное исполнение	трёхфазный
Тип трансформатора	ТДНФ-49866/110-У1
Номинальная мощность, МВА	200
Проходная	
Типовая:	
– РО (М/Д)	29,919/49,866
– ВО (М/Д)	29,919/49,866
Схема и группа соединения обмоток	III/D-11
Напряжение короткого замыкания, %: РО-ВО на основном ответвлении, приведенное к мощности 49,866 МВА	4,0±10,0 %
Диапазон регулирования угла при номинальном напряжении	±7×2,0 эл. град.
Потери короткого замыкания в режиме РО-ВО на основном ответвлении, кВт:	210+10 %
Потери холостого хода на основном ответвлении, кВт	45+15 %
Ток холостого хода, %	0,30+30 %
Стойкость к КЗ, кА	Ток термической стойкости 5,3 кА Ток динамической стойкости 13,5 кА
Количество ступеней регулирования	±7 (15 положений)
Габаритные размеры (длина/ширина/высота):	
- в сборе	7700/4520/6460 мм
- в транспортном состоянии	5800/3220/3890 мм
Массы (длина/ширина/высота), кг	
- полная	125000
- в транспортном состоянии с маслом	107000
- масла	45000

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФПУ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110 КВ И ВЫШЕ



## РЕАКТОР ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЙ 110 КВ

Наименование	Параметры
Конструктивное исполнение	трёхфазный
Тип реактора	РТД-37807/110-У1
Номинальная мощность: проходная, МВ·А	200
типсовая, Мвар	22,684/37,807
Номинальный фазный ток, А	1004,1
Индуктивное сопротивление реактора, Ом	12,5+15%
Стойкость к КЗ, кА	Ток термической стойкости 5,3 кА Ток динамической стойкости 13,5 кА
Вид системы охлаждения	(М/Д)
Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм	
- в сборе	4900/4220/5300
- в транспортном состоянии	3800/2920/2700
Массы (длина/ширина/высота), кг	
- полная	66000
- в транспортном состоянии с маслом	53000
- масла	18000



[РусГидро. Фазоповоротный трансформатор на Волжской ГЭС](#)



# Научно-технический центр Единой энергетической системы



## **СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

194223, Россия, Санкт-Петербург  
ул. Курчатова, д. 1, лит. А  
Контактный телефон:  
+7 (812) 297-54-10  
Электронная почта: [ntc@ntcees.ru](mailto:ntc@ntcees.ru)

РФ, г. Москва, декабрь 2019 года