



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

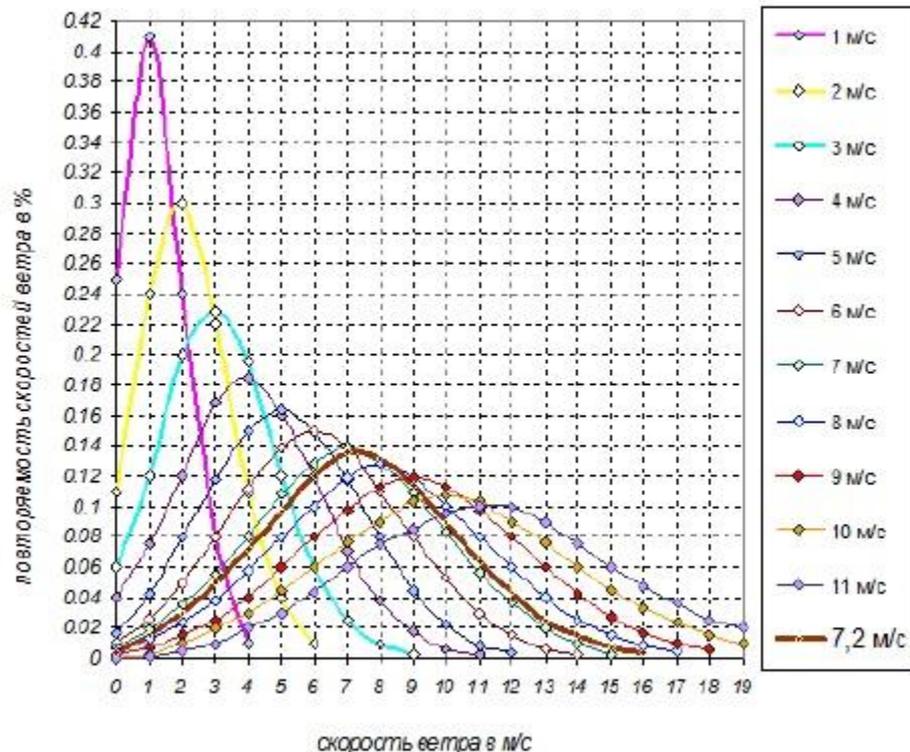
Бакалаврская работа

ст. гр. ЭС 11н Бородачѐв Д.И.

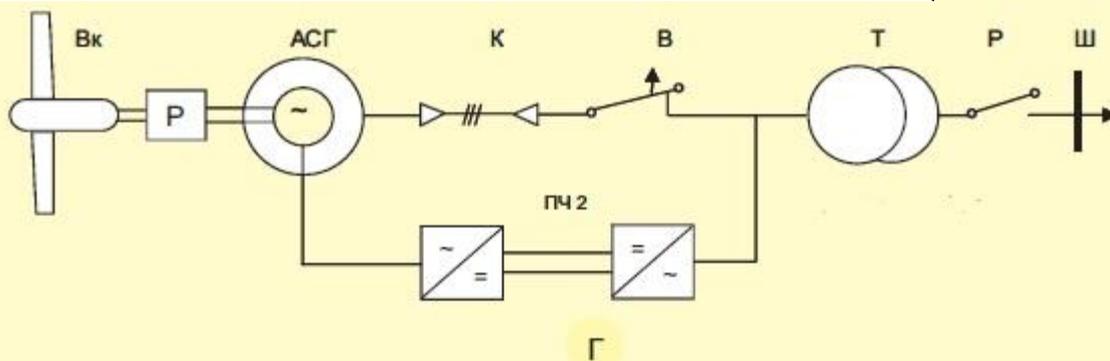
Тема: Разработка электрической части ВЭС мощностью  
30 МВт (15 x 2 МВт)

# Характеристика района строительства ВЭС

Среднегодовая скорость ветра составляет 6 м/с. Расположение выбираем Евпаторийский район, поселок Новоозерное.



Кривые повторяемости скоростей ветра

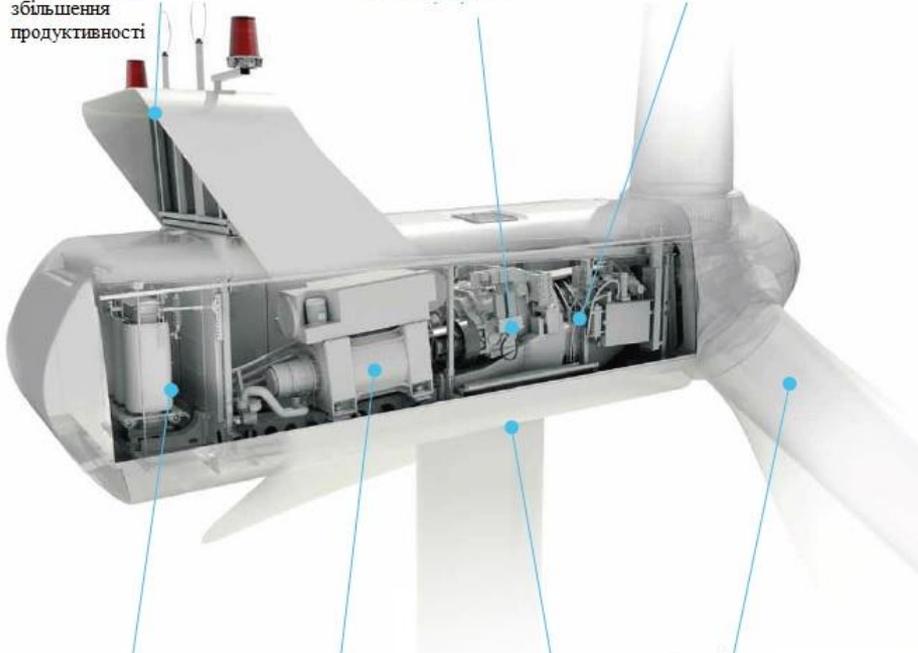


# Характеристика ветровой турбины

Інновативний CoolerTopTM - сконструйований для ефективного охолодження і збільшення продуктивності

Редуктор - планетарний і паралельно двоступінчастий

Головна вісь - кована - всі обертові частини захищені



будка - Більше простору - 34,5 кВт дозволяють встановлювати турбіни на висоті до 2000 м над рівнем моря

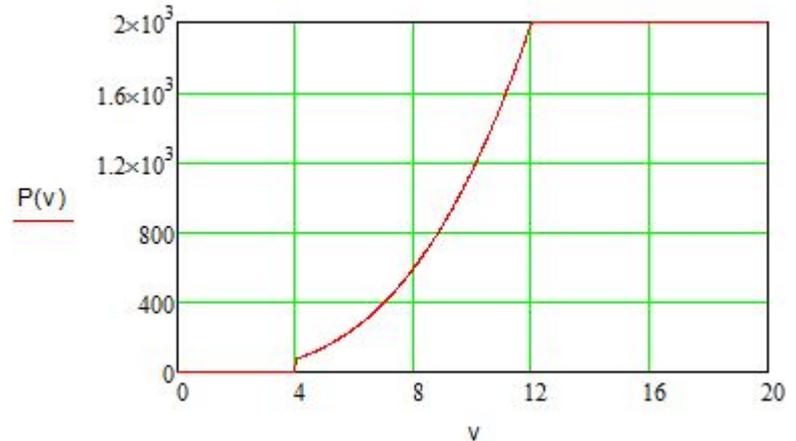
Генератор - Надійна система контактних кілець - Підшипники з керамічними кульками для поліпшення роботи - Поліпшена система охолодження

система повороту - 6 редукторів повороту - Автоматична система мастила - Мінімум простоїв і висока продуктивність

Лопаті - Інновативний аеродинамічний дизайн - Лонжерони зі скловолокна / карбону - Автоматична система мастила підшипників лопатей

## Рабочие параметры турбины V90-2 MW:

- Номинальная мощность – 2000кВт;
- Минимальная скорость ветра – 4 м/с;
- Номинальная скорость ветра – 12 м/с;
- Максимальна скорость ветра – 25 м/с;
- Частота – 50/60 Гц;
- Тип генератора 4-х полюсний асинхронний;
- Длина лопасти – 44м.



$$T_{max} = 3369$$

Турбина V90-2 MW компании Vestas

# Выбор схемы электроснабжения ВЭС

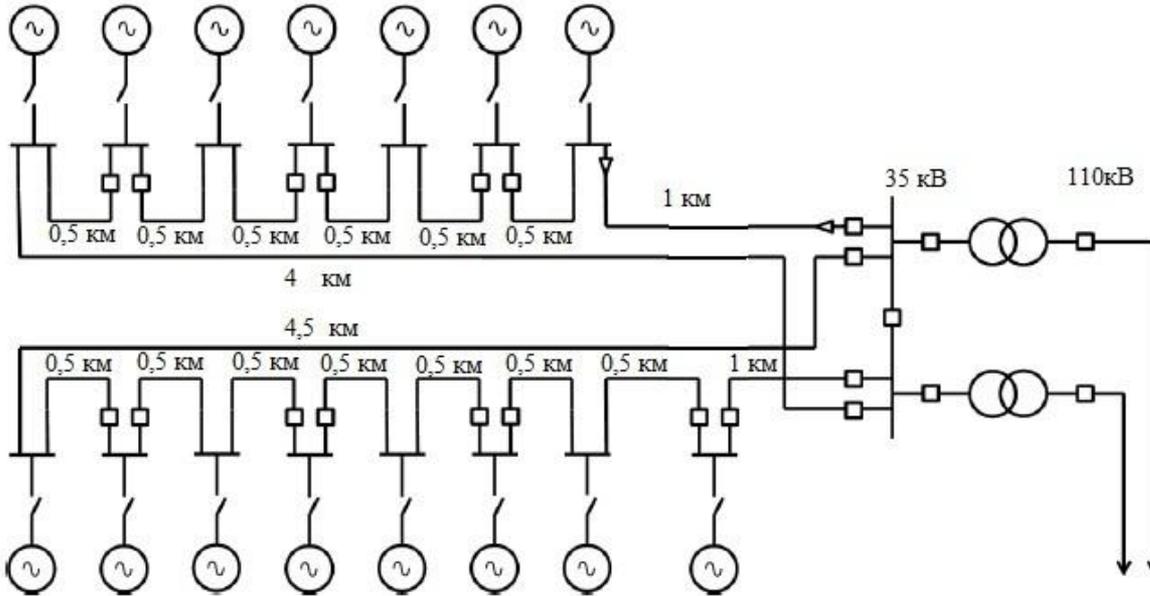
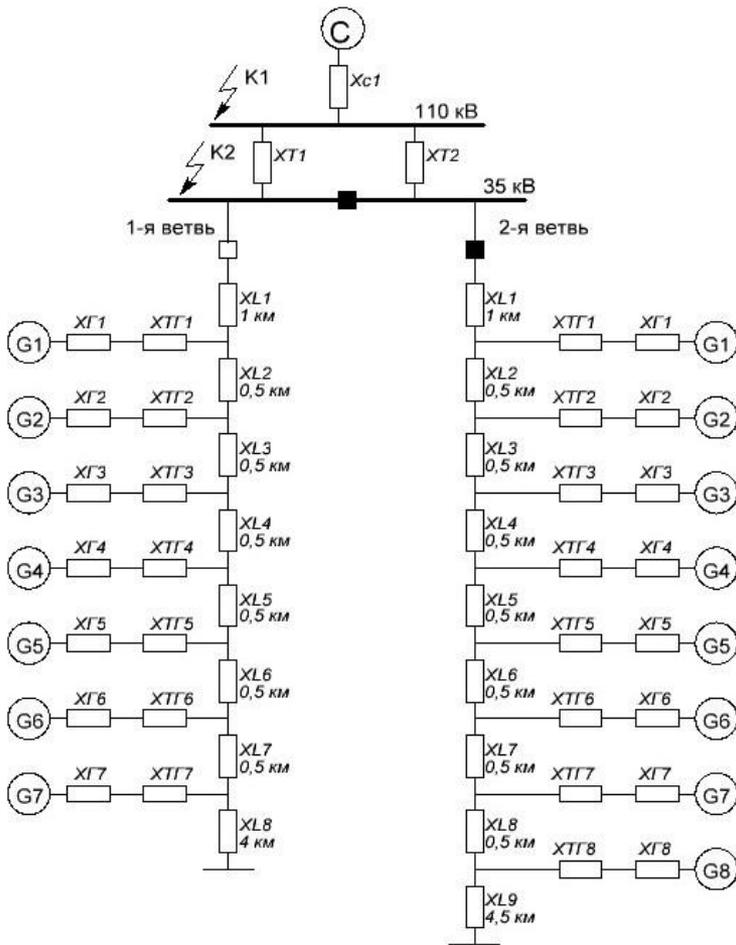


Схема выдачи мощности  
ВЭС

Оборудование	Тип оборудования
Силовые тр-ри	ТДН-25000/110
Выключатели 110 кВ	ЛТВ 145D1
Выключатели 35 кВ	VD4
Кабель 35 кВ	АПвП 100
Кабель 35 кВ	АПвП 150

# Расчет токов короткого замыкания



$$I_{б\ 110} = S_6 / (\sqrt{3} \cdot U_6) = 1000 / (\sqrt{3} \cdot 115) = 5.02 \text{ кА}$$

## Периодическая составляющая т.к.з.:

$$I_{п\ о\ C110} = I_{б\ 110} \cdot (E_c / X_{C110}) = 5.02 \cdot (1.0 / 0.25) = 20.0 \text{ кА.};$$

$$I_{п\ о\ Г} = I_{б\ 110} \cdot [E_{Г} / (X_{Г} + X_{Т})] = 5.02 \cdot [1.1 / (9.7 + 4.2)] = 0.39 \text{ кА.};$$

$$I_{п\ о\ C110} = U_{110} / (\sqrt{3} \cdot X_{C110}) = 115 / (\sqrt{3} \cdot 3.3) = 20 \text{ кА.};$$

$$I_{п\ о\ Г} = U_{110} / (\sqrt{3} \cdot (X_{Г} + X_{Т})) = 115 / [\sqrt{3} \cdot (117.7 + 55.54)] = 0.39 \text{ кА.};$$

Ориентировочно выбираем выключатель 110 кВ с номинальным током отключения к.з.  $I_{н\ откл} = 40 \text{ кА}$  и собственным временем отключения  $\tau = 0.025 \text{ сек.}$

## Апериодическая составляющая т.к.з.:

$$T_{ac} = 0.05 \text{ сек.}; T_{ar} = 0.32 \text{ сек.}$$

$$i_{a\tau\ C110} = \sqrt{2} \cdot I_{п\ о\ C110} \cdot e^{(-\tau / T_{ac})} = \sqrt{2} \cdot 20 \cdot e^{(-0.025 / 0.05)} = 17.16 \text{ кА.};$$

$$i_{a\tau\ Г} = \sqrt{2} \cdot I_{п\ о\ Г} \cdot e^{(-\tau / T_{ar})} = \sqrt{2} \cdot 0.39 \cdot e^{(-0.025 / 0.32)} = 0.51 \text{ кА.}$$

## Ударный ток к.з.:

$$\text{Куд } C110 = (1 + e^{-0.01 / T_{ar}}) = (1 + e^{-0.01 / 0.05}) = 1.82;$$

$$\text{Куд } Г = (1 + e^{-0.01 / T_{ar}}) = (1 + e^{-0.01 / 0.32}) = 1.97;$$

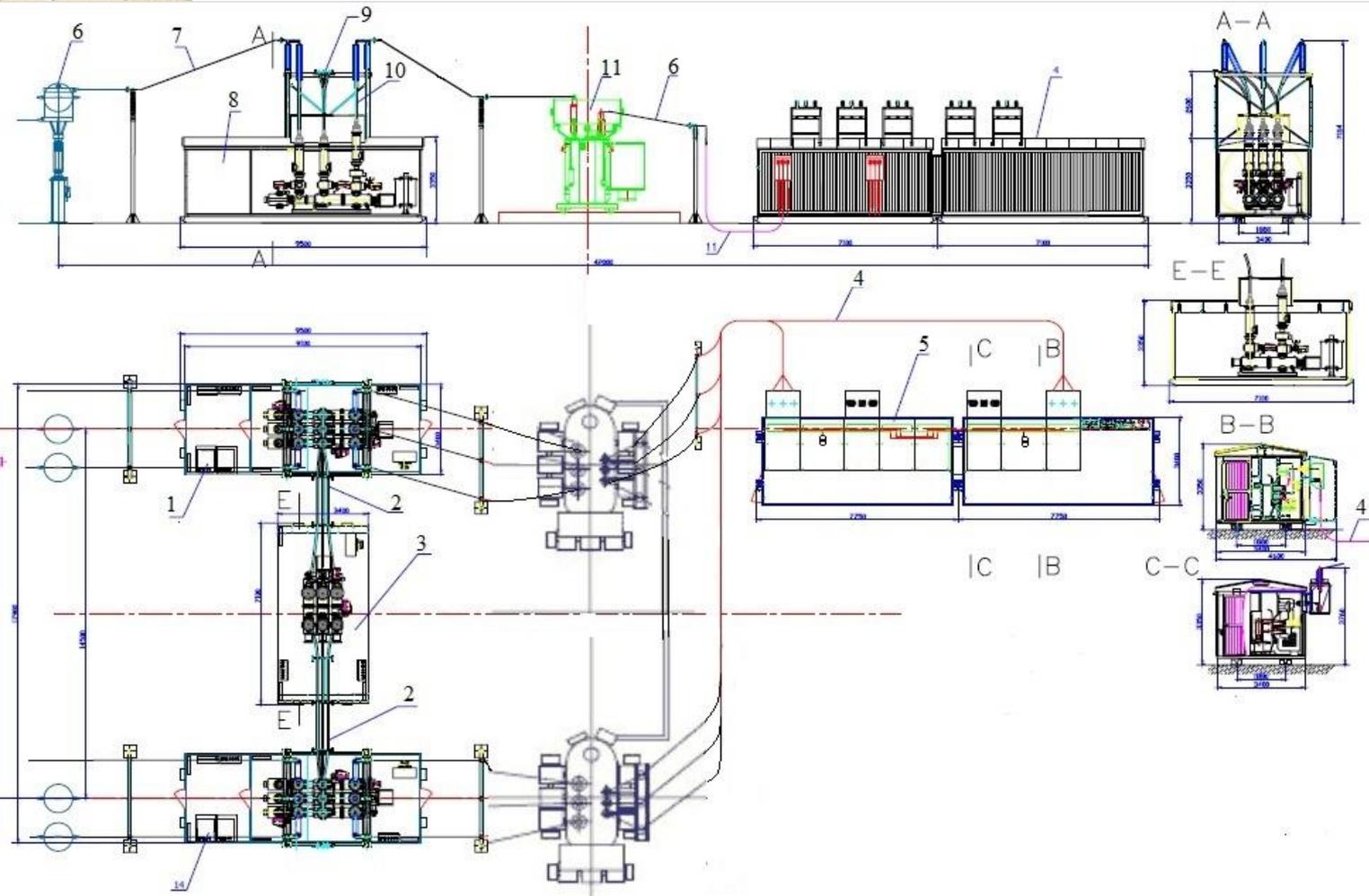
$$i_{уд\ C110} = \sqrt{2} \cdot \text{Куд } C110 \cdot I_{п\ о\ C110} = \sqrt{2} \cdot 1.82 \cdot 20 = 51.5 \text{ кА.};$$

$$i_{уд\ Г} = \sqrt{2} \cdot \text{Куд } Г \cdot I_{п\ о\ Г} = \sqrt{2} \cdot 1.97 \cdot 0.39 = 1.087 \text{ кА.}$$

## Звідна таблиця розрахунку струмів к.з.

Точка к.з	Источник к.з	Токи к.з., кА			
		$I_{п о}$	$I_{п τ}$	$i_{а τ}$	$i_{уд}$
К1 110 кВ	$C_{110}$	20	20	17.16	51.5
	Г	0.39	0.39	0.51	1.087
	$\Sigma$	20.39	20.39	17.67	52.587
К2 35 кВ	$C_{110}$	3.5	3.5	0.522	7.96
	Г	1.8	1.8	2.12	4.98
	$\Sigma$	5.3	5.3	2.642	12.94

# Схема электрических соединений и план ОРУ-110 кВ



# Выключатель 110 кВ

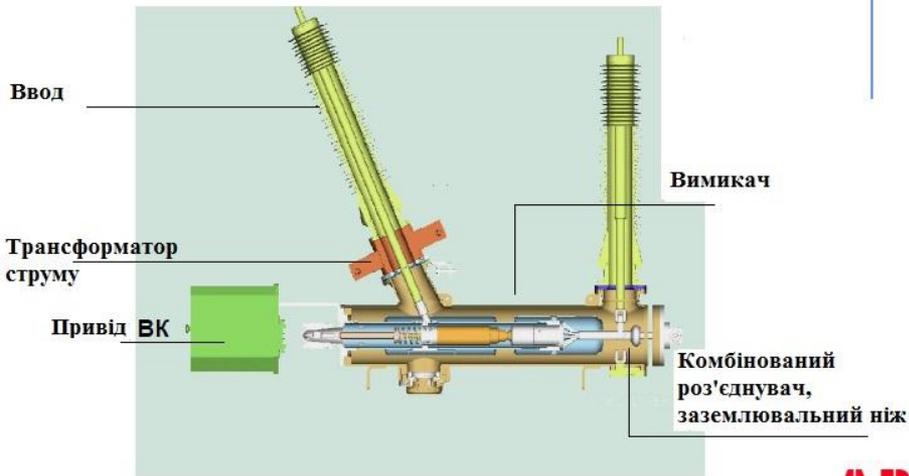


ABB Power Technology - Unità Operativa ADDA



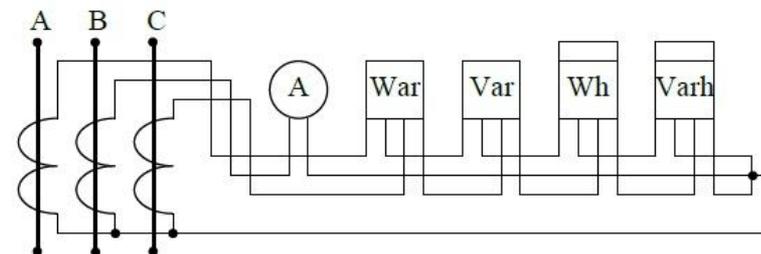
## Проверка выключателя LTB 145D

Данные		Условия	Расчетные данные	Каталожные данные
Номинальное напряжение	кВ	$U_{\text{раб}} \leq U_{\text{ном}}$	110	145
Номинальный ток	А	$I_{\text{форс}} \leq I_{\text{ном}}$	183,7	3150
Номинальный ток отключения	кА		20,39 46,5	40 67,8
Динам.стойк.	кА	$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$	52.587	102
Термич.стойк.	кА <sup>2</sup> ·с	$В_{\text{к расч}} \leq В_{\text{к ном}}$	257,8	4800

# Трансформаторы тока линии 110 кВ



Трансформатор тока IMB-123



На отходящих линиях 110 кВ устанавливаем ТН типа TVI.

Сводная таблица проверки ТТ

Параметры		Условия	Расчетные данные	Каталожные данные
Ном.напр.	кВ	$U_{раб} \leq U_{ном}$	110	123
Ном. ток	А	$I_{раб} \leq I_{ном}$	83,4	1000
		$I_{форс} \leq I_{ном}$	183,7	1000
Класс точности	ВА	$S_{2\ расч} \leq S_{2\ ном}$	29,75	30

# Сборные шины и ошиновка

Россия

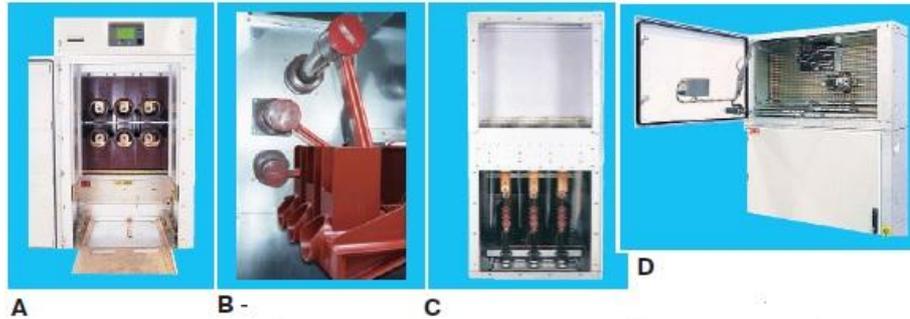
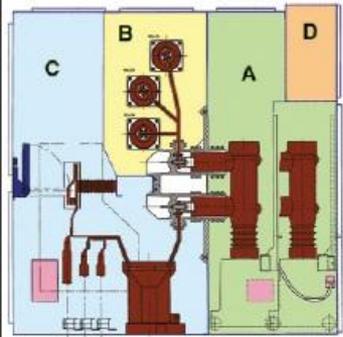


Австралия

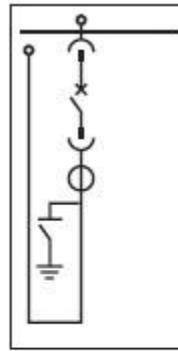
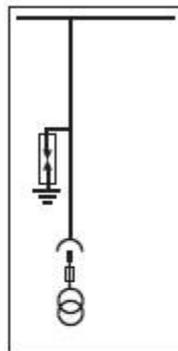
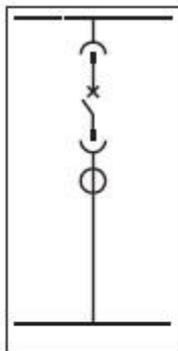
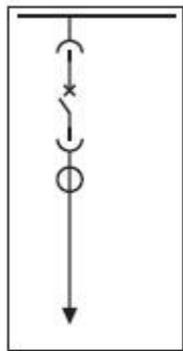


- 1) Принимаем алюминиевые шины трубчатого сечения :  
Идл. доп.=640 А;  $D/d=30/25$  мм.
- 2) Шины закреплены на опорных изоляторах ИОС-110,  
высота иолятора  $H_{из} = 1100$  мм, высота чугунного фланца  $h_{фл} = 94$  мм,  
высота надставки  $h_{н} = 1300$  мм.  
Расстояние между фазами  $A_{ф-ф} = 1.4$  м, длина пролета  $l_{п} = 3.0$  м.
- 3) По условию термической стойкости принимаем провод АС-185  
радиусом  $r_0 = 0.95$  см для ошиновки.

# Схемы и оборудование 35 кВ



## Конструкция и оснащение шкафа



01  
Шафа введення /  
виведення  
з вимірюванням  
струмів  
(125023150 А)

15  
Шафа секційного  
вимикача  
з вимірюванням  
струмів  
(125023150 А)

24  
Шафа  
вимірювання  
напруги  
на збірних шинах  
(викочування ТН  
з запобіжниками)  
і ОПН

29  
Шафа шинного  
введення /  
виведення зверху  
з вимірюванням  
струмів  
(125023150 А)



Вакуумный выключатель VD4

## Основные схемы главных цепей