

Надежность развивающихся систем энергетики

# **О НОРМАЛИЗАЦИИ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ 0,38 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛЬТОРЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

Драко М.А., Колик В.Р., Короткевич А.М., РУП “Белэнергосетьпроект”,

Вольфсон Д.С., ООО “Проматом Групп”

Иркутск,  
01-07.07.2018 г.



## Анализ проблемы

Цепь электропитания от шин 10 кВ подстанций 110-35/10 кВ до концов ВЛ 0,38 кВ оперативно нерегулируема по напряжению

+

Экономия проводникового металла при проектировании ВЛ



Широкое распространение т.н. «слабые линий» 0,38 кВ, где либо постоянно, либо в определенных нагрузочных режимах, на части линии уровни фазного и линейного напряжения находятся ниже предельно допустимого минимального уровня



Надежность развивающихся систем энергетики

## Постановка задачи

Для новых и реконструируемых ВЛ 0,38 кВ сельскохозяйственного назначения при выборе сечений проводов и жил кабелей регламентируется принимать электрические нагрузки на перспективу 10 лет.

**Однако для находящихся в эксплуатации ВЛ 0,38 кВ в Белорусской энергосистеме и в энергосистемах сопредельных стран рассматриваемая проблема стоит остро.**



## Постановка задачи

В Республике Беларусь в связи с предстоящим вводом БелАЭС Отраслевой программой развития электроэнергетики на 2016–2020 годы предусмотрено **увеличение объемов электропотребления за счет использования электроэнергии для производства тепловой энергии и стимулирования ее применения населением для отопления и горячего водоснабжения.**



Дополнительная нагрузка ВЛ 0,38 кВ



Дальнейшее снижение уровней напряжения у потребителей, в первую очередь у более удаленных от центров питания



## Возможные пути решения

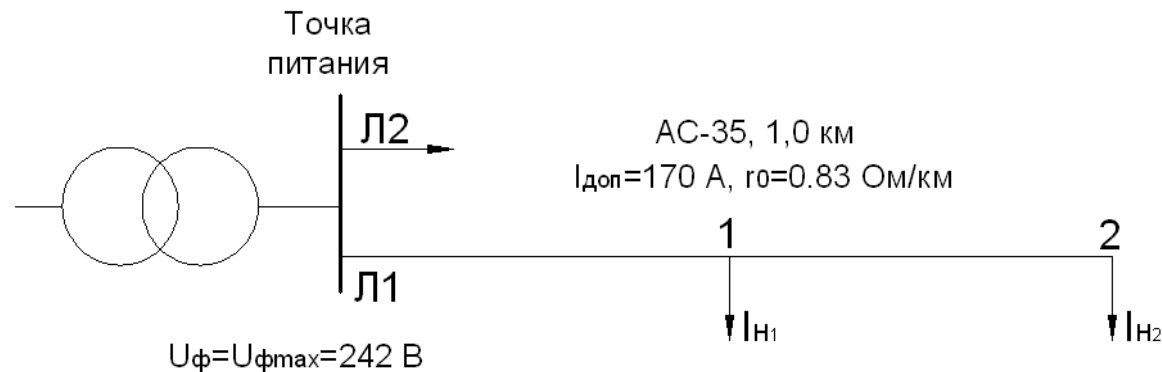
### 1. Реконструкция и нового строительства распределительных сетей 10 кВ с возможным разукрупнением ТП 10/0,4 кВ.

Линии электропередачи 10 кВ	Средняя стоимость строительства, тыс. у.е./км	Средняя стоимость проектирования, тыс. у.е./км
Воздушные с неизолированными проводами	9,8–17,3	0,9–1,46
Воздушные с покрытыми проводами	17,7–31,25	1,6–1,85
Кабельные линии	44,2–62,5	4,0–5,32



## Возможные пути решения

2. Повышение напряжения ВЛ 0,38 кВ путем изменения положений переключателя числа витков без возбуждения трансформаторов 10/0,4 кВ.



Для показательности примем в точке питания уровень фазного напряжения неизменно равным верхнему предельно допустимому значению 242 В (в Белорусской энергосистеме при переходе на ГОСТ 29322-2014 и ГОСТ 32144-2013 сохранилось номинальное напряжение 220/380 В).



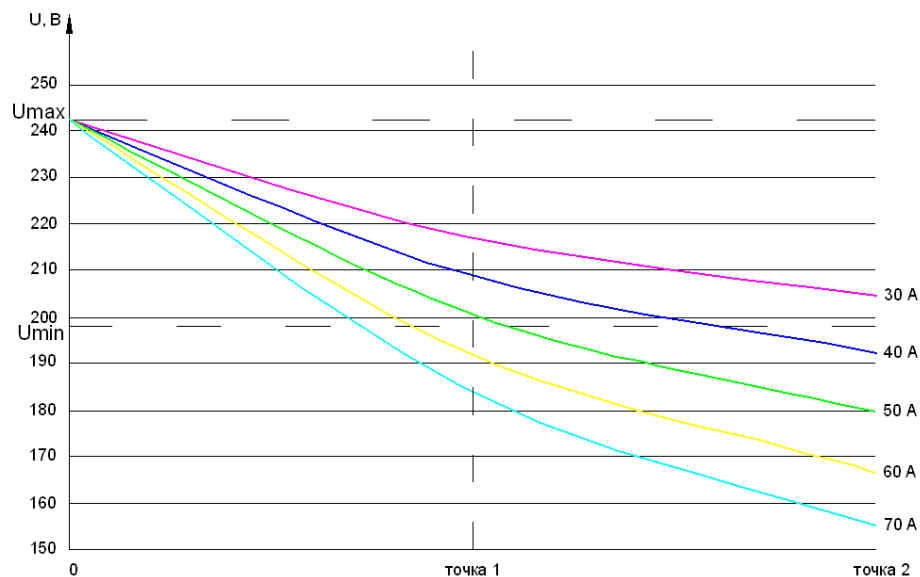
Надежность развивающихся систем энергетики

## Возможные пути решения

Уровни напряжения в слабой линии при разных токовых нагрузках

Токовые нагрузки, А		Уровни фазного напряжения, В		
Точка 1	Точка 2	Точка питания	Точка 1	Точка 2
30	30	242	217,1	204,7
40	40	242	208,8	192,2
50	50	242	200,5	179,8
60	60	242	192,2	167,3
70	70	242	183,9	154,9

Даже при гипотетическом условии поддержания в точке питания «слабой линии» наибольшего допустимого напряжения, начиная с некоторых уровней токовой нагрузки, часть линии всегда будет иметь ненадлежащий низкий уровень напряжения, и с ростом нагрузки эта часть линии будет увеличиваться.





Надежность развивающихся систем энергетики

## **Возможные пути решения. Предлагаемое решение**

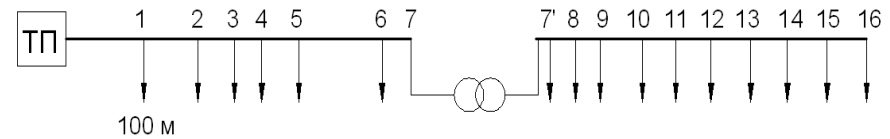
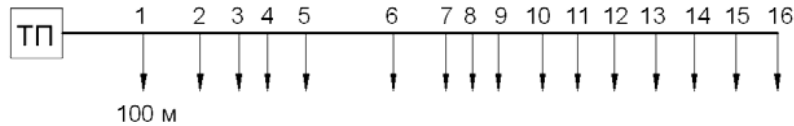
3. Применение вольторегулирующих устройств, устанавливаемых в расщелки линий 0,38 кВ и осуществляющих регулирование напряжения в темпе процесса.

В РБ разработано и запатентовано вольторегулирующие устройство (ВРУСТ), что которого собственная стоимость значительно меньше стоимости реконструкции ВЛ, его применение является экономически обоснованным и эффективным на «слабых линиях» 0,38 кВ.

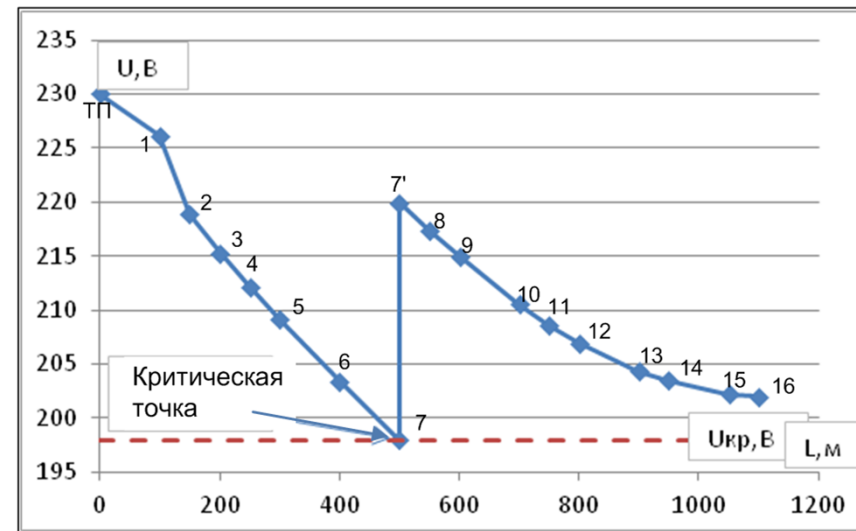
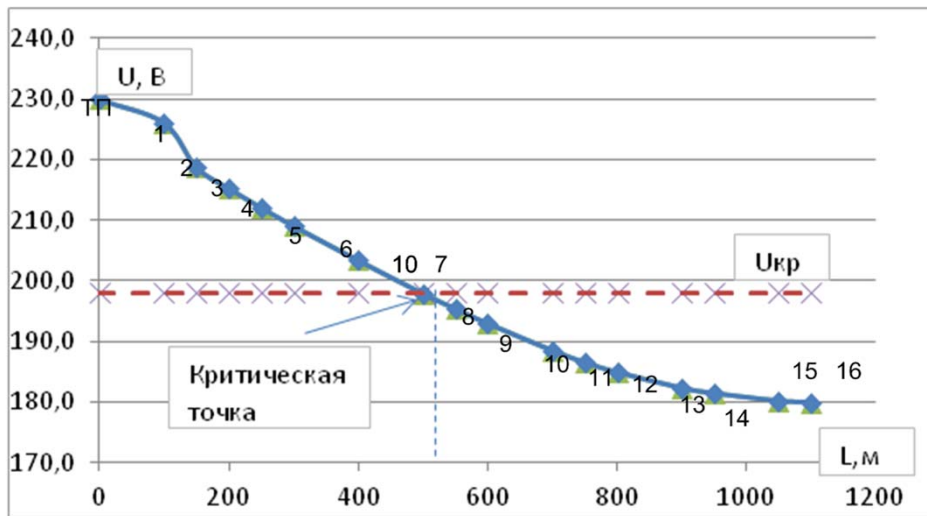




## Надежность развивающихся систем энергетики



Условные схемы ВЛ с распределенной нагрузкой и с установкой ВРУСТ в узле 7



Распределение значений фазного напряжения в узлах в исходном режиме и ожидаемое распределение значений фазного напряжения в узлах при установке ВРУСТ



## Надежность развивающихся систем энергетики

### **Алгоритм выбора оптимального месторасположения и номинального тока ВРУСТ:**

1. Замеры фазных напряжений в разных точках “проблемной” ВЛ 0,38 кВ в режимах максимальной нагрузки.
2. Если имеет место сильная несимметрия токов нагрузки, то проводится корректирующая перефазировка нагрузок с целью их выравнивания по фазам. П.1 повторяется.
3. Определяется ближайшее к точке питания место на линии (пролет), где по замерам фазное напряжение опускалось ниже нижней границы предельно допустимого отклонения напряжения.
4. Выбирается смежная опора, имеющая необходимую для установки ВРУСТ механическую прочность и повторный заземлитель.
5. Номинальный ток ВРУСТ выбирается исходя из оценок величин перспективных максимальных фазных токов нагрузки в точке установки ВРУСТ (рекомендуемый запас по мощности - не менее 30%).



Надежность развивающихся систем энергетики

## **Главные требования, формируемые электрическими сетями**

- Относительно низкая цена и длительный срок службы;
- Возможность повторного применения в другом месте после реконструкции ВЛ 0,38 кВ;
- Надежность и электробезопасность оборудования и людей при эксплуатации ВРУСТ;
- Низкая чувствительность к внешним факторам (в первую очередь –исполнений для открытого воздуха);
- Минимизация снижения показателей надежности электроснабжения потребителей;
- Простота монтажа и демонтажа, эстетичность и эргономичность;
- Наличие в комплекте крепежной арматуры.



## Надежность развивающихся систем энергетики

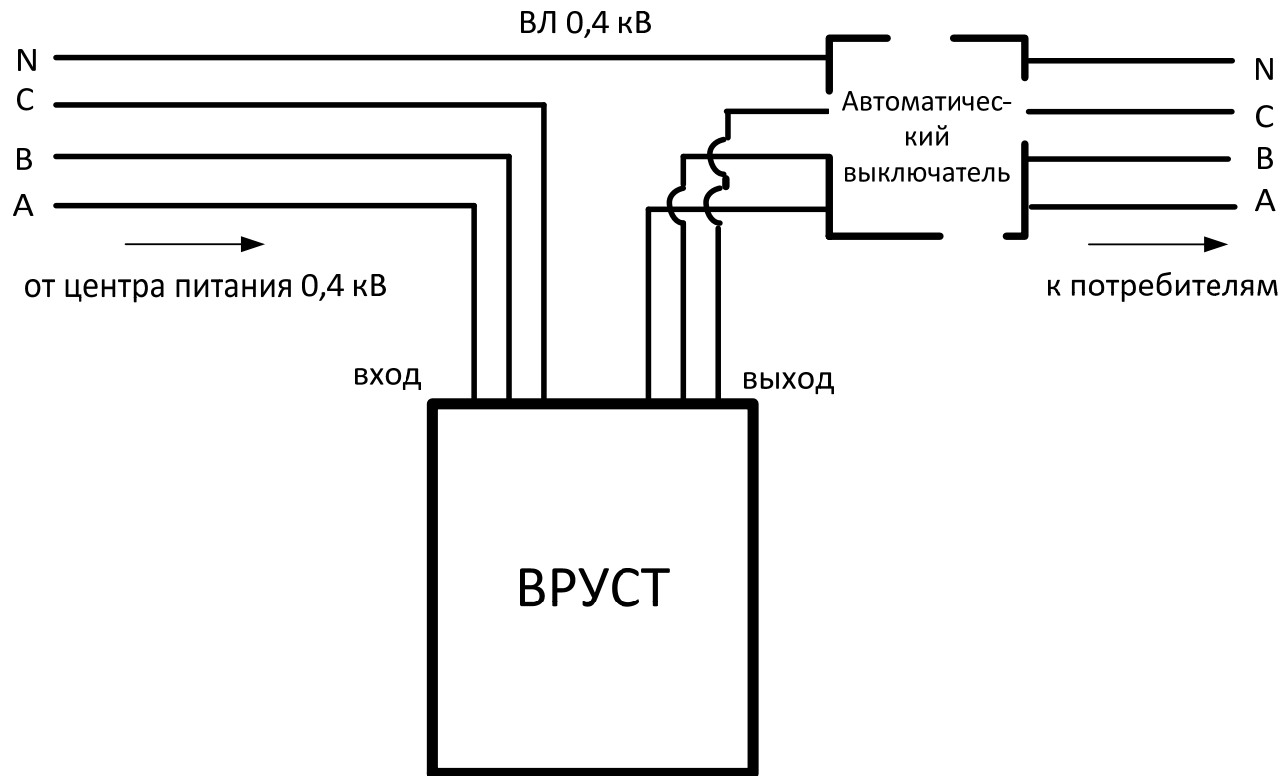


Схема подключения ВРУСТ



## Надежность развивающихся систем энергетики



## Монтаж ВРУСТ

Иркутск,  
01-07.07.2018 г.



## Надежность развивающихся систем энергетики



Вид смонтированного ВРУСТ

Иркутск,  
01-07.07.2018 г.



## Основные функции

В базовой комплектации:

- Вольтодобавка и вольтоограничение - пофазное повышение низких или понижение повышенных уровней напряжения.
- Защита от перегрузки, токов КЗ, перенапряжений.
- Конфигурирование уставок.

Опционно:

- Возможность оснащения устройствами для дистанционного съема сигналов и электроизмерений с последующей интеграцией в измерительно-информационные системы и системы диспетчерского управления



## Сравнение с аналогами

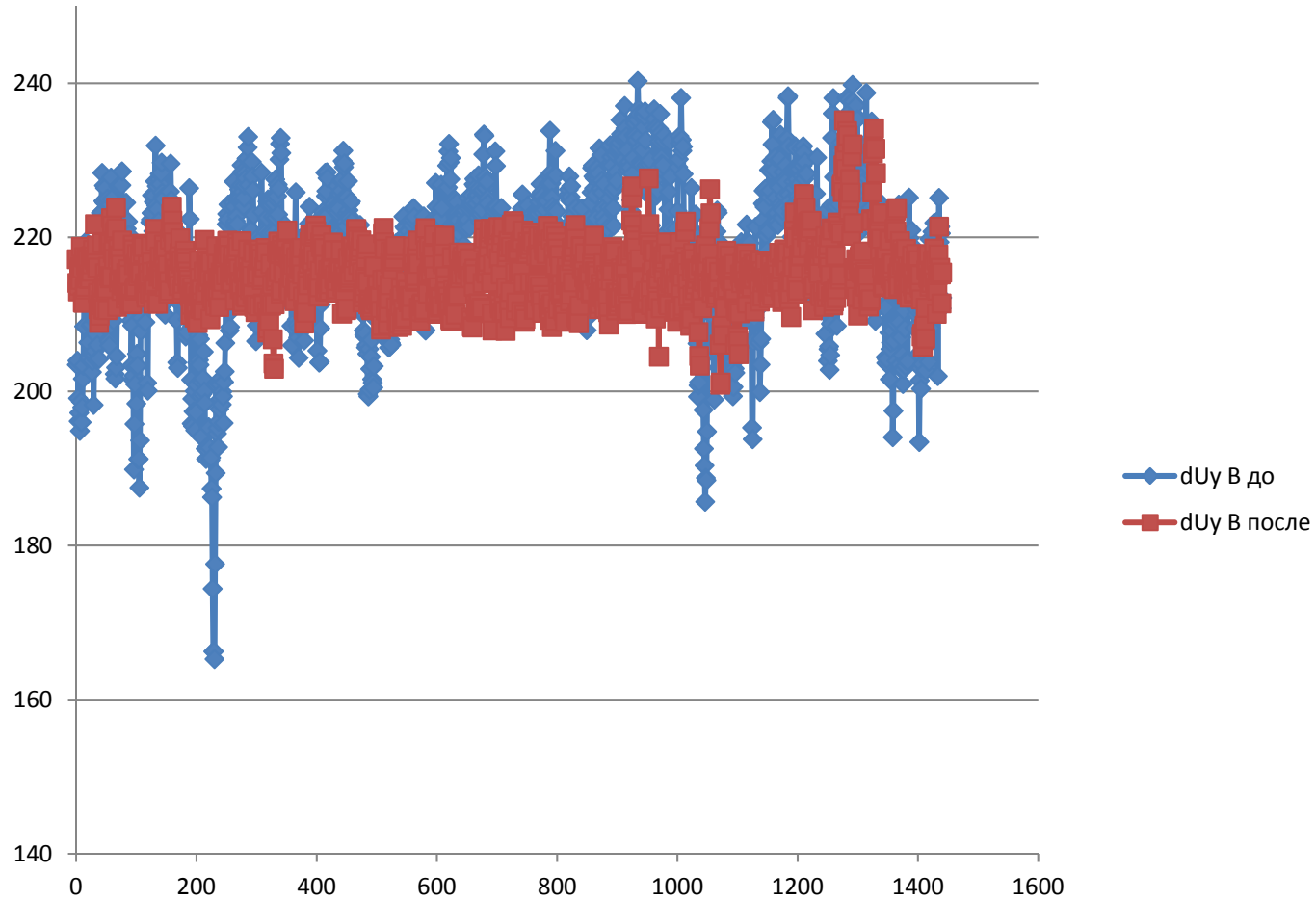
№	Параметры	Бустер	ВРУСТ
1	Время стабилизации, мс	300	20-50
2	Масса, кг	390-765	50-120
3	Корпус	Сталь	Армированный полимер или сталь (по выбору)
4	Производитель	Финляндия-РФ	РБ
5	Цена, тыс. у.е.	9 - 14	4,5-7,2
6	Транзит по пониженному напряжению В	$U_{вх} < 165$	$U_{вх} < 170$
7	Понижение опасно высоких уровней напряжения	Нет	Да
8	Интеграция в измерительно-информационные системы и системы диспетчерского управления	Нет	Возможность оснащения устройствами для дистанционного съема сигналов и электроизмерений





## Надежность развивающихся систем энергетики

### Визуализация регистрограммы фазного напряжения при испытаниях



Иркутск,  
01-07.07.2018 г.



## Показатели экономической эффективности применения ВРУСТ

Зависимость потребляемой активной мощности от напряжения для смешанной нагрузки, присоединенной к узлу:

$$P(U) = P_{\text{НОМ}} (a_0 + a_1 U_* + a_2 U_*^2), \quad (1)$$

где  $U_* = U / U_{\text{НОМ}}$  – относительное значение напряжения в узле;  $U$  – текущее расчетное значение напряжения в узле;  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$  – коэффициенты, причем  $a_0 + a_1 + a_2 = 0$ .  
Значение коэффициентов для сельскохозяйственных районов:  $a_0 = -0,2, a_1 = 1,2, a_2 = 0$ .

Выражение (1) для однофазных электроприемников:

$$P(U) = P_{\text{НОМ}} \left( -0,2 + 1,2 \frac{U}{U_{\text{НОМ}}} \right). \quad (2)$$

Зададимся номинальными мощностями электроприемника на уровне 1 о.е., рассмотрим изменение электропотребления в зависимости от текущего действительного значения напряжения в узле от 180 В до 240 В.

$$P(U) = (0,78 \div 1,11)P. \quad (3)$$



## Выводы

1. Обеспечение для потребителей качества напряжения соответствующего ГОСТ.

2. Эффект для ЭС за счет увеличения товарной продукции.

В ряде случаев, когда ранее имело место значительное снижение напряжения по отношению к нижней допустимо границе, следует также ожидать некоторого увеличения полезного отпуска э/э за счет подключения и работы дополнительного числа электроприемников, которые не работали при сильно заниженном напряжении.

3. Исключение в результате нормализации уровней напряжения штрафов и выплат по судебным искам за ущерб от ненадлежащего качества электроэнергии.



Надежность развивающихся систем энергетики

**Спасибо за внимание!**

Иркутск,  
01-07.07.2018 г.