

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА
УЧАСТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ
НАПРЯЖЕНИЯ

THE USE OF A BOOSTER TRANSFORMER IN A SECTION OF AN
ELECTRICAL NETWORKS FOR VOLTAGE REGULATION

Калентионок Е. В., к-т. техн. наук, доцент,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
E. Kalentionok, Candidate of technical Sciences, Docent,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Аннотация. Рассмотрена возможность повышения пропускной способности линии электропередачи путем установки вольтодобавочного трансформатора.
Abstract. The possibility of increasing the capacity of the power transmission line by installing an additional voltage transformer is considered.*

*Ключевые слова: электрическая сеть, регулирование напряжения
Key words: electrical network, voltage regulation*

ВВЕДЕНИЕ

Для регулирования напряжения в электрических сетях как в нормальных, так и аварийных режимах используются вольтодобавочные трансформаторы (ВДТ), устанавливаемые в нейтрали автотрансформатора или на стороне среднего напряжения, а также непосредственно в расщелку линии электропередачи. В последнем случае ВДТ иногда называют линейными регуляторами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рис. 1 приведена принципиальная схема одной фазы ВДТ. На ней показаны регулировочный трансформатор (1) и последовательный трансформатор (2). Первичная обмотка (3) регулировочного трансформатора является питающей. Она может быть включена и на фазное ($A-0$) и на линейное напряжение ($A-B$, $A-C$). Вторичная обмотка (4) регулировочного трансформатора имеет такое же переключающее устройство (5) как и трансформатор с РПН [1].

Один конец первичной обмотки (6) последовательного трансформатора присоединен к средней точке вторичной обмотки регулировочного трансформатора. Другой к переключающему устройству. Вторичная обмотка (7) последовательного трансформатора включается в расщелку линии электропередачи.

При подаче на обмотку (6) ВДТ напряжения той же фазы, что и фаза линии, например, фаза A , в ВДТ создается собственная дополнительная ЭДС E_A , которая складывается с основным напряжением сети (рис. 2а). В этом случае напряжение за ВДТ будет равно:

$$U_A = U'_A + E_A, \quad (1)$$

где U'_A – напряжение фазы A , до установки ВДТ.

Диаграммы напряжения вдоль линии с ВДТ и при его отсутствии показаны на рис. 2б.

Установка ВДТ на участке электрической сети «Докшицы-Ситцы-Волколата-Будслав-Кривичи-Страж-Снежково-Вилейка» позволяет повысить напряжение в наиболее удаленных точках сети и увеличить максимальную передаваемую мощность по ней на 18 %.

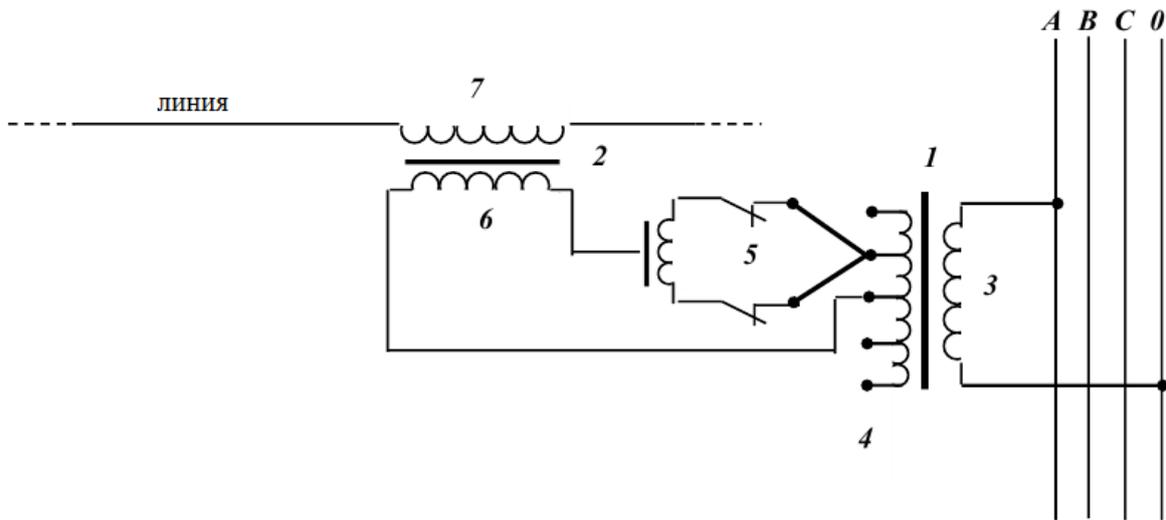


Рисунок 1 – Принципиальная схема вольтодобавочного трансформатора

Установка ВДТ на участке электрической сети «Докшицы-Ситцы-Волколата-Будслав-Кривичи-Страж-Снежково-Вилейка» позволяет повысить напряжение в наиболее удаленных точках сети и увеличить максимальную передаваемую мощность по ней на 18 %.

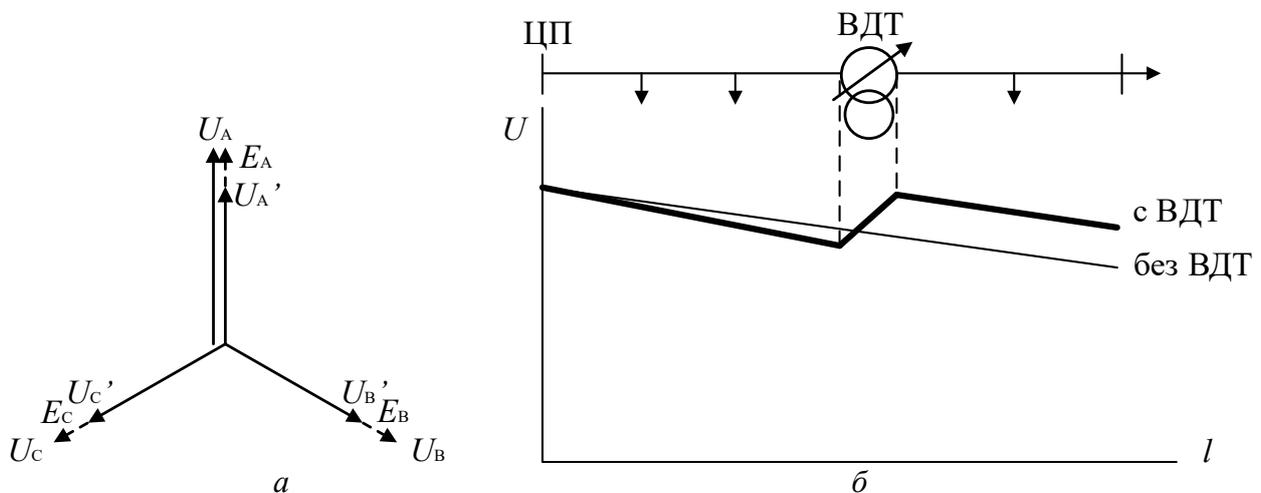


Рисунок 2 – Диаграммы напряжений:
а – векторная; б – вдоль линии

Установка ВДТ рассматривается как один из возможных вариантов повышения пропускной способности по режиму напряжений линии электропередачи. При этом необходимо учитывать, что регулирование напряжения ВДТ изменяет уровни напряжения на всех подстанциях, расположенных за ВДТ. Поэтому способ регулирования напряжения с помощью ВДТ можно отнести к групповым.

Выбор места установки ВДТ определяется условиями наиболее тяжелых режимов сети и методически аналогичен установке УПК. В разветвленных сетях установка ВДТ может оказаться целесообразнее до длинного ответвления со значительной нагрузкой либо после него. В первом случае ЭДС ВДТ определяется наиболее неблагоприятными уровнями напряжения ответвления или магистрали.

Выбор места установки ВДТ зависит также от его мощности:

$$S_{ВДТ} = \frac{E_{ВДТ} S_{л}}{100} = \frac{n P_{рег}}{100} \cdot S_{л}, \quad (2)$$

где $E_{ВДТ}$ – надбавка напряжения в ВДТ, %;

$S_{л}$ – полная мощность по линии в месте установки ВДТ;

n – количество ступеней регулирования в одну сторону, как правило, на повышение напряжения;

$P_{рег}$ – величина ступени регулирования, %.

В распределительных электрических сетях диапазон регулирования напряжения в ВДТ составляет $\pm 10\%$, поэтому собственная мощность ВДТ имеет значение равное $0,1 S_{л}$. Потери активной мощности и напряжение в данных ВДТ невелики (0,5–0,3) % от мощности ВДТ.

Если изменение напряжения с мощностью ВДТ превышает допустимый интервал между наименьшим и наибольшим напряжениями, то в электрических сетях требуется включение двух ВДТ, установленных в различных местах линии электропередачи.

Технические характеристики ВДТ (линейных регуляторов) для применения в электрических сетях 0,4–10 кВ приведены в табл. 1.

Линейные регуляторы производства России и Украины выполняются только в наружном исполнении, итальянские типа Oberon M59-20 и Oberon A58-20 – внутренней установки, Oberon Y60-20 – наружного исполнения. Ориентировочные стоимости Oberon M59-20 – 245 т. рос. руб., Oberon A58-20 – 330 т. рос. руб., Oberon Y60-20 – 600 т. рос. руб., ЛТМН-16000/10 – 5750 т. рос. руб., ЛТМН-40000/10 – 8000 т. рос. руб., ТВМГ-66-0,4 – 800 т. рос. руб.

Таблица 1 – Основные параметры линейных регуляторов

№ п/п	Тип	Производитель	Исполнение	S_n , кВ·А	U_n , кВ	Диапазон регул., %	Точность регул., %
1	ВДТ-СН-1 ВДТ-СН-3	ЗАО «Электромаш», г. Тула	1 ф. 3 ф.	1000– 5200	6,10	± 20 ± 25	± 5
2	ЛТДН ЛТМН	ПАО «Запо- рожтрансформатор»	3 ф.	16000 400000 63000	10	± 15	$\pm 1,5$
3	ВДТ/VR 32	ЗАО «ЧЭМЗ»	3 ф.	500– 5000	6,10	± 10 ± 15	$\pm 1,5$
4	ТВМГ	СКЭ Электро г. Белгород	3 ф.	16–105	0,4	0–10 0–15 0–20	$\pm 0,5$
5	ТТРН-В	АОВО «Электроаппарат»	3 ф.	51,7 100	0,4	± 25	$\pm 0,5$ по- фазное
6	Oberon M59-20	N-Power, Италия	1 ф.	59	0,4	± 20	± 1
	Oberon A58- 20		3 ф.	58	0,4	± 20	± 1
	Oberon Y60- 20		3 ф.	60	0,4	± 20	± 1

На базе линейных регуляторов производятся пункты автоматического регулирования напряжения (ПАРН) типа ПАРН-ВДТ-СН и ПАРН-ВДТ/VR 32 (рис. 3).



Рисунок 3 – Пункт автоматического регулирования напряжения типа ПАРН-ВДТ-СН

ПАРН-ВДТ-СН состоит из:

- силового модуля – вольтодобавочный трансформатор;
- низковольтных шкафов контроля и управления;
- ограничителей перенапряжений;
- разъединителей;
- монтажного комплекта для установки на стойки опор или фундамент.

Функционирование ПАРН-ВДТ-СН аналогично работе автотрансформатора. Регулирование напряжения осуществляется путем геометрического сложения напряжений общей и последовательной обмоток. Система управления производит измерение напряжения на выходе ПАРН-ВДТ-СН и сравнивает с заданным значением. При отклонении действительного напряжения от заданного, система управления подает сигнал на перемещение переключателя на необходимую ступень для понижения или повышения напряжения. Разъединители в конструкции ПАРН-ВДТ-СН используются для его вывода из работы без необходимости отключения линии электропередачи.

На рис. 4 показан вид установки линейного регулятора типа ТВНГ-0,4-60 на опору линии электропередачи.

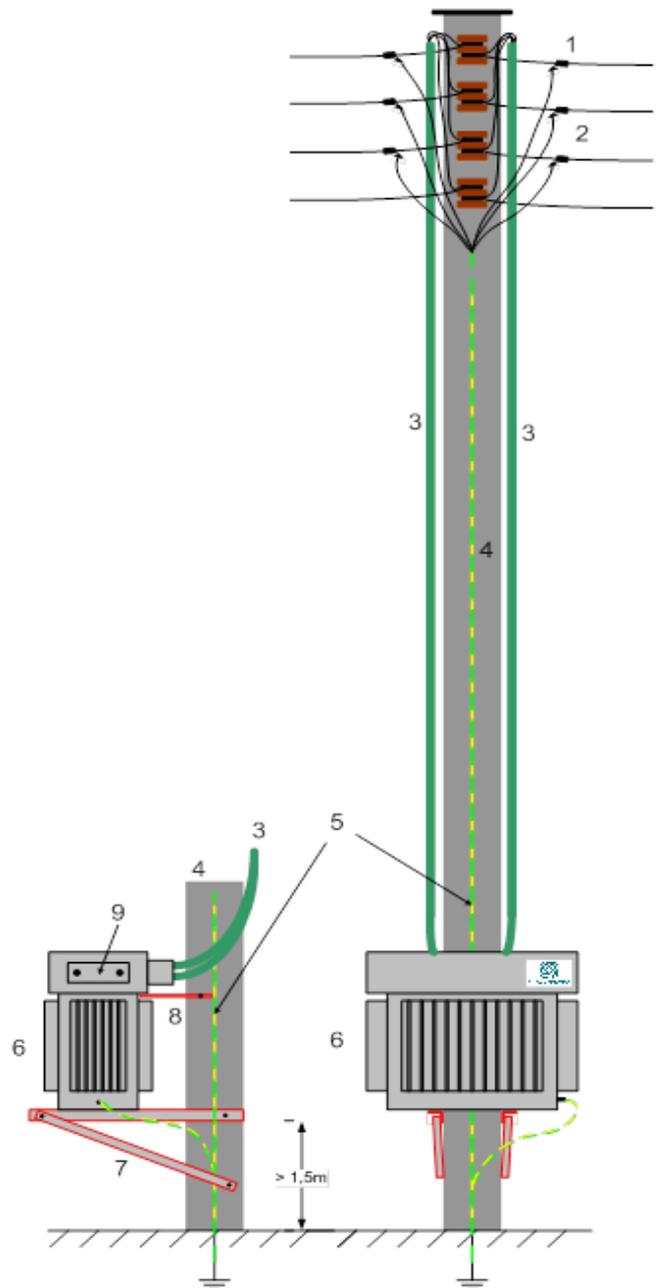


Рисунок 4 – Установка вольтодобавочного трансформатора типа ТВНГ-0,4-60 на опору линии электропередачи напряжением 0,4 кВ:

- 1 – воздушная линия электропередачи; 2 – разрядники; 3 – кабели вводов вольтодобавочного трансформатора; 4 – опора ЛЭП; 5 – заземляющие проводники; 6 – вольтодобавочный трансформатор; 7 – монтажные металлоконструкции; 8 – верхняя опорная штанга металлоконструкции; 9 – окно технического обслуживания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение вольтодобавочного трансформатора в распределительной электрической сети является эффективным средством регулирования напряжения. Показано, что место установки ВДТ зависит от его номинальной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поспелов, Г. Е. Электрические системы и сети / Г. Е. Поспелов, В. Федин, П. В. Лычев. – Мн. : Технопринт, 2004. – 720 с.