

УДК 621.311

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕНТРЕ ПИТАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Белько А.И., Янушкевич К.С.

Научный руководитель – м.т.н., старший преподаватель Волков А.А.

Электрическая сеть – совокупность электроустановок, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии от электростанции к потребителю. В зависимости от характера потребителя различают следующие способы задания нагрузок:

1) нагрузка задана постоянным сопротивлением шунта  $R=const$ ,  $X=const$ . В этом случае мощность является квадратичной функцией от напряжения, и эта зависимость имеет вид:

$$P(V)=\frac{V^2}{R}, Q(V)=\frac{V^2}{X};$$

2) нагрузка задана постоянным током  $I=const$ , тогда мощность является линейной функцией от напряжения:

$$P(V)=VI', Q(V)=VI'';$$

3) нагрузка задана постоянной мощностью  $P=const$ ,  $Q=const$ , то есть мощность не зависит от напряжения.

Все эти варианты задания нагрузки обобщены в так называемой статической характеристике нагрузки по напряжению (СХН), имеющей вид:

$$P(V) = P_{ном}[a_0 + a_1\left(\frac{V}{V_{ном}}\right) + a_2\left(\frac{V}{V_{ном}}\right)^2]; \quad (1)$$

$$Q(V) = Q_{ном}[b_0 + b_1\left(\frac{V}{V_{ном}}\right) + b_2\left(\frac{V}{V_{ном}}\right)^2], \quad (2)$$

где  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$  – коэффициенты полинома СХН по активной и реактивной мощности.

Для электрической сети напряжением 6-10 кВ используются следующие СХН:

$$P(V) = P_{ном}[0,83 - 0,3\left(\frac{V}{V_{ном}}\right) + 0,47\left(\frac{V}{V_{ном}}\right)^2]$$

$$Q(V) = Q_{ном} \begin{cases} \left[ 4,9 - 10,1\left(\frac{V}{V_{ном}}\right) + 6,2\left(\frac{V}{V_{ном}}\right)^2 \right] & \text{если } 0,815 \leq \left(\frac{V}{V_{ном}}\right) \leq 1,2 \\ \left[ 0,657 + 0,158\left(\frac{V}{V_{ном}}\right) \right] & \text{если } \left(\frac{V}{V_{ном}}\right) < 0,815 \\ 1,708 & \text{если } \left(\frac{V}{V_{ном}}\right) > 1,2 \end{cases}$$

Благодаря этим характеристикам, можно более точно рассчитать режим сети и определить требуемый диапазон регулирования напряжения.

В качестве основного показателя качества электроэнергии выступает такой показатель как отклонение напряжения. Для обеспечения потребителей электроэнергией требуемого качества необходимо, чтобы отклонение напряжения соответствовало допустимым значениям. На это влияет напряжение в центре питания (ЦП). Согласно ПУЭ, регулирование напряжения должно осуществляться таким образом, чтобы напряжения в ЦП в режиме наибольших нагрузок было не менее  $1,05U_{ном}$ , а в режиме наименьших нагрузок – не более  $1,0U_{ном}$ . Для обеспечения таких уровней напряжения на трансформаторах 110/6 (10) кВ используются устройства регулирования под нагрузкой (РПН).

В данной работе за основу была взята схема распределительной сети 10 кВ, содержащий 5 трансформаторных подстанций (ТП), мощностью по 250 кВ·А каждый, а на ПС установлен трансформатор 110/10 кВ мощностью 2,5 МВ·А с диапазоном регулирования  $\pm 9 \times 1,78\%$  (рисунок 1).

Предварительно рассчитав сопротивления линий и трансформаторов, а также учитывая СХН и потери на холостой ход трансформаторов, был произведён расчёт режима при нулевом ответвлении трансформатора 110/10 кВ. После этого, изменяя напряжение на

высшей стороне (ВН) трансформатора в диапазоне 110-120 кВ, определили характер изменения напряжения в ЦП на стороне низкого напряжения (НН) (рисунок 2).

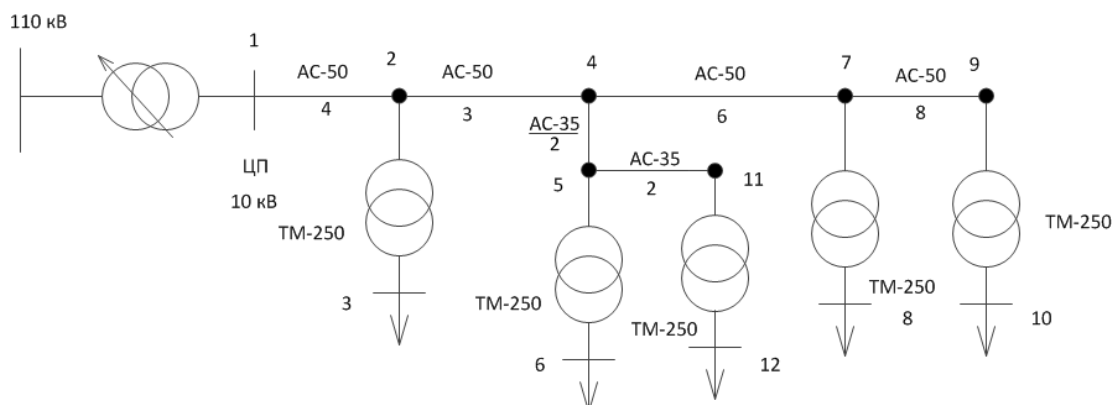


Рисунок 1 – Схема электрической сети

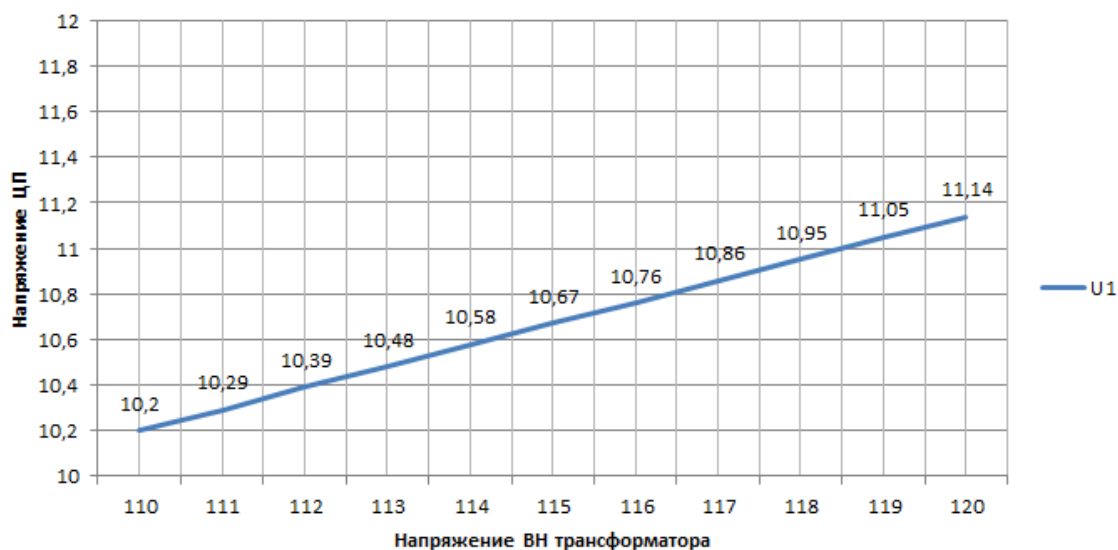


Рисунок 2 – Зависимость напряжения в ЦП от напряжения высшей стороны трансформатора без учёта зон нечувствительности и при одинаковом ответвлении

Так как желаемое напряжение в ЦП обычно составляет 10,5 кВ, а также учитывая наличие зоны нечувствительности, равное  $\pm 1,178\%$ , то можно сделать вывод, что в некоторых режимах не обеспечивается желаемое напряжение в ЦП при постоянном коэффициенте трансформации. Для обеспечения требуемого напряжения в ЦП, на трансформаторе на подстанции изменяют ответвление с помощью устройства РПН. Зависимость напряжения в ЦП от напряжения на высшей стороне трансформатора с учётом ограничений по зоне нечувствительности показана на рисунке 3.

Как видно из графика, при регулировании напряжения на высшей стороне трансформатора удаётся обеспечить требуемое напряжение на низкой стороне в диапазоне, ограниченном зоной нечувствительности РПН. При этом в зависимости от напряжения на высшей стороне необходимо устанавливать определённое ответвление РПН. Тем самым можно сделать вывод, что для данной сети, благодаря относительному постоянству напряжения в ЦП, будут постоянными ответвления на ТП 10/0,4 кВ.

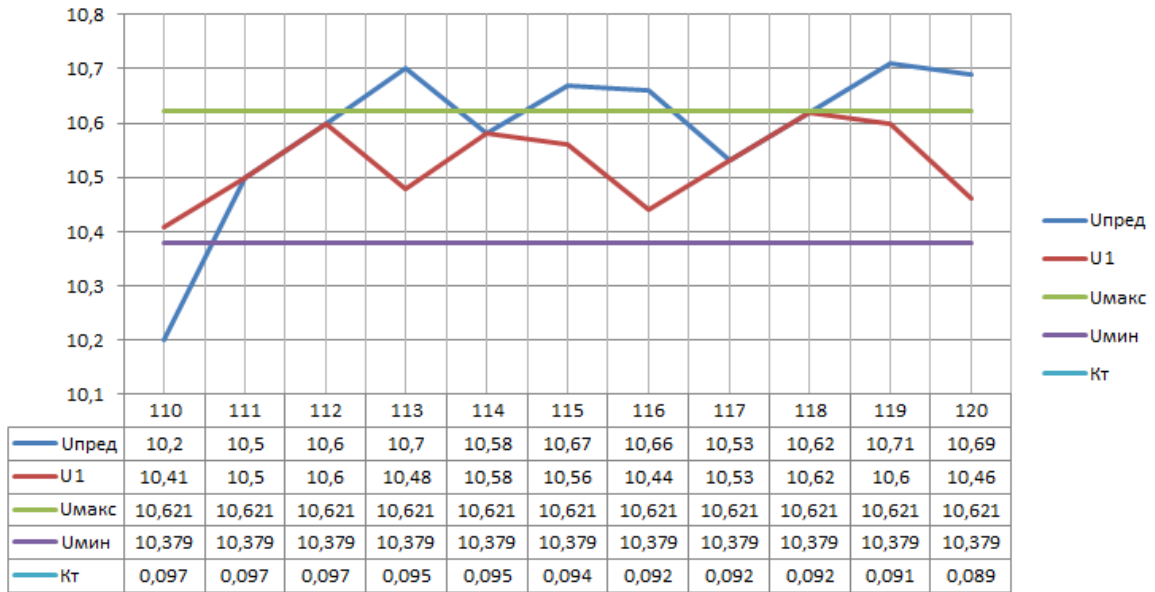


Рисунок 3 – Зависимость напряжения в ЦП от напряжения на высшей стороне трансформатора с учётом ограничений по зоне нечувствительности

**Литература**

1. Федин В.Т., Фурсанов М.И.. Выбор режимов регулирования напряжения в распределительной электрической сети: учебно-методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине «Оперативное управление в энергосистемах» - Минск: Технопринт, 2002.
2. Поспелов Г.Е., Федин В.Т., Лычёв П.В. Электрические системы и сети. Минск: Технопринт, 2004.