

Секция 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 621.311

ДИАГРАММА ДЛЯ ВЫБОРА РЕЖИМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Волков А.А.

Режимы напряжений в условиях эксплуатации распределительных электрических сетей 10 (6)/0,38 кВ обычно рассматриваются с целью обеспечения допустимых диапазонов отклонений напряжения у электроприемников. Согласно [1] установившееся отклонение напряжения нормируется на выводах электроприемника и его нормально допустимый диапазон составляет $\pm 5\%$, предельно допустимый – $\pm 10\%$.

Большая часть потребителей в распределительных электросетях получает питание на напряжении до 1 кВ. Уровни напряжения у таких потребителей в можно изменять следующими способами:

- переключением регулировочных ответвлений под нагрузкой (РПН) трансформаторов 35–220/10 (6) кВ и (или) линейных регулировочных трансформаторов в центрах питания (ЦП);
- переключением регулировочных ответвлений без возбуждения (ПБВ), то есть с отключением от сети трансформаторов 10 (6)/0,4 кВ;
- изменением сопротивления сети;
- изменением потоков реактивной мощности (компенсацией реактивной мощности).

Первые два способа являются основными так как они не требуют дополнительных капитальных затрат в условиях эксплуатации существующих электрических сетей. Если переключением регулировочных ответвлений трансформаторов не удается достичь требуемых показателей отклонений напряжения у электроприемников, что бывает при больших потерях напряжения на некоторых участках сети, то следует проводить мероприятия по изменению сопротивлений сети и компенсации реактивной мощности.

Границы значений потерь напряжения в сети 10 (6) кВ, при которых может быть выбрано на трансформаторной подстанции (ТП) определенное ответвление с добавкой напряжения δU_T для обеспечения допустимого отклонения напряжения на шинах электроприемника, определяются по выражениям

$$\Delta U_{Н\text{нм}} = \delta U_{\text{ЦП}} + \delta U_{\text{рег}} - \delta U_+ - \Delta U_{\text{ннб}} + \delta U_T;$$

$$\Delta U_{Н\text{нм}} = \delta U_{\text{ЦП}} - \delta U_{\text{рег}} - \delta U_+ - \Delta U_{\text{ннб}} + \delta U_T;$$

$$\Delta U_{Н\text{нб}} = \delta U_{\text{ЦП}} + \delta U_{\text{рег}} - \delta U_- - \Delta U_{\text{ннб}} + \delta U_T;$$

$$\Delta U_{Н\text{нб}} = \delta U_{\text{ЦП}} - \delta U_{\text{рег}} - \delta U_- - \Delta U_{\text{ннб}} + \delta U_T,$$

где $\Delta U_{Н\text{нб}}$ и $\Delta U_{Н\text{нм}}$ – наибольшее и наименьшее значения потерь напряжения от шин ЦП до шин 0,38 кВ ТП в рассматриваемом режиме;

$\delta U_{\text{ЦП}}$ – отклонение напряжения на шинах низшего напряжения ЦП;

$\delta U_{\text{рег}}$ – точность регулирования напряжения на трансформаторе ЦП;

δU_+ и δU_- – верхний и нижний допустимые пределы отклонения напряжения на выводах электроприемника;

$\Delta U_{\text{нн б}}$ и $\Delta U_{\text{нн у}}$ – потери напряжения от шин 0,38 кВ ТП соответственно до ближайшего и до наиболее удаленного приёмника.

Пусть коэффициент чувствительности автоматического регулятора напряжения (АРН) трансформатора в ЦП $n = 1,3$; степень регулирования на обмотке трансформатора $\Delta U_{\text{ст}} = 1,78$. Тогда точность регулирования напряжения АРН

$$\delta U_{\text{рег}} = \pm \frac{n \Delta U_{\text{ст}}}{2} = 1,157.$$

Допустимые пределы отклонения напряжения на выводах электроприемников принимаем $\pm 5\%$.

На трансформаторах ТП принимаем 5 регулировочных ответвлений $\pm 2 \times 2,5\%$.

Результаты расчета представлены на рисунке 1 в виде диаграммы зон допустимых потерь напряжения в сетях 10 (6) и 0,38 кВ.

На диаграмме по оси абсцисс отложены в относительных единицах потери напряжения от шин ЦП до шин 0,38 кВ ТП, а по оси ординат – потери напряжения в сети 0,38 кВ.

По диаграмме можно определить допустимые потери напряжения в сетях 10 (6) и 0,38 кВ. Так, если потери напряжения в сети 0,38 кВ превышают 7,6%, то при любых режимах напряжения в центре питания, потерях в сети 10 (6) кВ и регулировочных ответвлениях ТП добиться допустимого уровня напряжения на выводах электроприемников не получится.

Допустимые потери напряжения в сети 10 (6) кВ при определенном ответвлении трансформатора ТП зависят от возможного режима напряжения в ЦП и потерь напряжения в сети 0,38 кВ. Так при ответвлении трансформатора ТП минус 5%, режиме напряжения в ЦП $\delta U_{\text{ЦП}} = 5\%$ и в случае если приемник подключен непосредственно к шинам ТП (потери напряжения в сети 0,38 кВ равны 0%) допустимые потери в сети 10 (6) кВ составляют 19,6%.

Как видно из диаграммы существуют такие сочетания потерь напряжения в сетях 10 (6) и 0,38 кВ (зоны) при которых можно выбрать только одно из регулировочных ответвлений, например для точки А – 0%, для точки Б – минус 2,5%. В некоторых зонах возможен выбор из двух или трех ответвлений, например для точки Б₁ – 0% и минус 2,5%, В₁ – 5 и 2,5%, В₂ – 5, 2,5 и 0%. Также существуют зоны, при которых невозможно выбрать ни одно из ответвлений. Так в точке Г потери напряжения в сетях не превышают предельно допустимые, но при выборе ответвления минус 2,5% напряжение будет ниже, а при ответвлении минус 5% выше допустимых значений. Первый возможный вариант действий в этой ситуации – ввод точки в зону ответвления минус 2,5%. Для этого можно снизить потери напряжения в сети 10 (6) кВ или в сети 0,38 кВ (возможно и то и другое вместе) или увеличить отклонение напряжения в ЦП. Второй вариант – ввод точки в зону ответвления минус 5%. Для этого надо либо уменьшить отклонение напряжения в ЦП или увеличить потери напряжения (что нецелесообразно). В загруженных распределительных сетях наиболее удаленные потребители могут оказаться в зоне точки Д. В этом случае необходимо увеличить отклонение напряжения в ЦП (если это возможно по режиму ближайших потребителей) или принять меры по снижению потерь напряжения (изменение сечений проводов, компенсация реактивной мощности, переключение ТП к другому ЦП). Диаграмма позволяет определить значения потерь напряжения $dU_{\text{д10}}$ и $dU_{\text{д0,4}}$ для расчетов по выбору компенсирующих устройств. В слабо загруженных распределительных сетях ближайшие потребители могут оказаться в зоне точки Е. В этом случае необходимо снизить отклонение напряжения в центре питания.

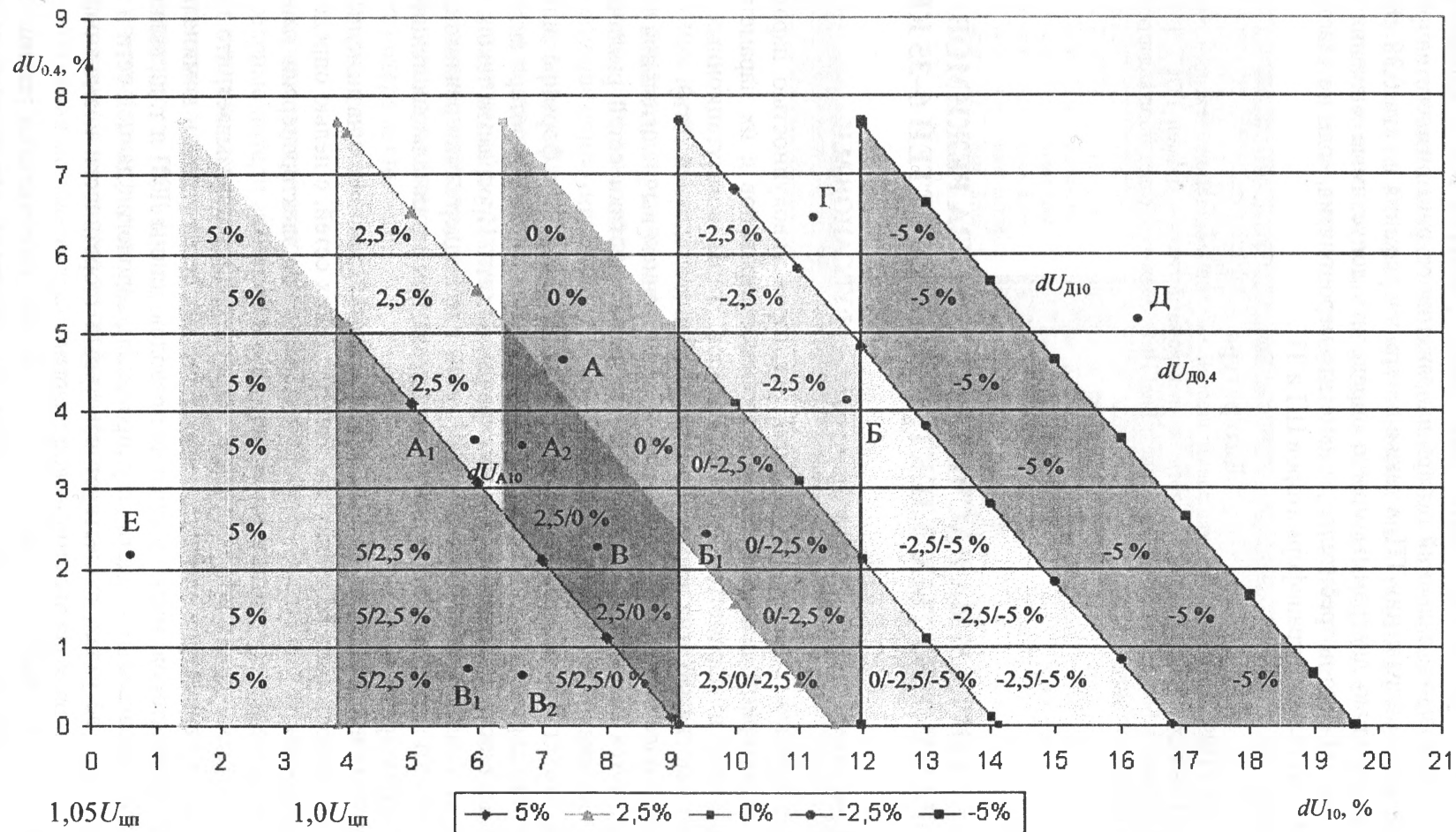


Рис. 1. Диаграмма для выбора режимов регулирования напряжения в распределительной сети

Выводы

Составлена диаграмма для совместного выбора ответвлений трансформаторов ЦП и ТП в распределительных электрических сетях. Данная диаграмма позволяет наглядно провести совместный выбор ответвлений трансформаторов ЦП и ТП для различных режимов на основании значений потерь напряжения от шин низшего напряжения ЦП до шин низшего напряжения ТП, а также потерь напряжения в сети 0,38 кВ. С другой стороны с помощью диаграммы можно определить допустимые значения потерь напряжения до ТП и до потребителей, и наметить мероприятия, если не удастся выбрать сочетания ответвлений трансформаторов ЦП и ТП.

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Совместимость технических средств электромагнитная. – Взамен ГОСТ 13109-88; Введ. 01.09.01; Республика Беларусь 01.09.01. – Минск: БелГИСС: Меж-гос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 22 с.

УДК 621.311

ПРОГРАММА РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАЗОМКНУТЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6–35 кВ

Лысюк С.С.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор ФУРСАНОВ М.И.

Электрическая сеть характеризуется некоторой совокупностью параметров состояния: характеристиками элементов сети (марки проводов и их параметры, длины участков, типы и параметры трансформаторов, типы коммутационных аппаратов и т. д.) и взаимосвязью этих элементов между собой (топологией сети).

В настоящее время, в связи массовым применением вычислительной техники активно создаются базы данных, отражающих характеристики сетей различных номинальных напряжений и их топологию.

Существует множество программ, предназначенных для формирования баз данных и расчёта параметров режима – токи, напряжения, потоки и потери активной и реактивной мощности в узлах и ветвях электрической сети. Программы такого рода необходимы при эксплуатации электрических сетей для поддержания режимов, обеспечивающих надёжное электроснабжение потребителя при минимальных технических потерях электроэнергии.

В докладе представлена программа «Azimut 6-35», основное назначение которой – расчет и анализ режимов разомкнутых электрических сетей, с целью определения наиболее экономичного использования средств передачи электроэнергии (минимизация технических потерь).

Анализ технических потерь в различных ситуациях показывает, что при некотором сочетании параметров элементов электрических сетей (типы и номинальные мощности трансформаторов, марки и сечения проводов, длины ЛЭП и т. д., включая характеристики располагаемых средств регулирования), топологии данной сети и электрических нагрузок в её узлах, существует некоторый теоретически возможный минимум технологического расхода электрической энергии.

Именно для решения в конечном итоге задачи оптимизации режима электрической сети по критерию минимума технических потерь и разработана компьютерная программа «Azimut 6-35», которая предназначена для расчетов и анализа различных установившихся режимов разомкнутых электрических сетей 6–35 кВ.