

*Малинова Мария Сергеевна,
магистрант,
НИУ “МЭИ”, г.Москва*

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ ЦЕНТРА ПИТАНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-35 кВ

Аннотация. В статье рассматривается решение оптимизационной задачи для распределительной сети 10 кВ с центром питания (ЦП): какое напряжения нужно поддерживать на шинах ЦП (какой закон регулирования должен применяться на ЦП), чтобы были минимальные потери в сети/максимальная прибыль электросетевой компании за счет увеличения потребляемой мощности потребителями.

Ключевые слова: регулирование напряжения, центр питания, статические характеристики нагрузки.

Malinova Maria Sergeevna,
Graduate Student, National Research University “MPEI”,
Moscow

VOLTAGE REGULATION ON POWER SUPPLY CENTER BUSES IN 6-35 kV DISTRIBUTION NETWORKS

Annotation. The article considers a mathematical model of a 10 kV distribution network with a power supply center (PSC) to solve the optimization problem: what voltage should be maintained at the PSC buses (what regulation law should be applied at the PSC) in order to minimize losses in the network/maximum profit of the electric grid company by increasing power consumption by consumers.

Keywords: *voltage regulation, power supply center, static load characteristics.*

Основным исследованием данной статьи является регулирование напряжения на шинах НН 10/0,4 кВ. Для наглядности представлен фрагмент на рис.1 сети 10 кВ с центром питания 110/10 кВ.

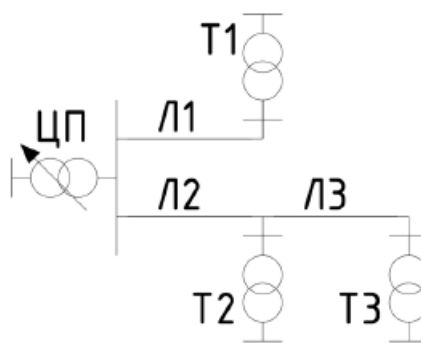


Рис. 1. Фрагмент распределительной сети 10 кВ

Регулирование напряжения в электрической сети необходимо для:

- обеспечения требуемого качества электроэнергии, отпускаемой потребителям;
- обеспечения стабильной и безопасной работы электрооборудования;
- соблюдения норм и стандартов.

Отклонение напряжения в электрической сети может иметь следующие последствия:

- повреждение и снижение эффективности электрооборудования. Высокое напряжение может вызвать перегрузку и перегрев устройств, а также излишнее потребление электроэнергии и повышенный износ устройств. Низкое напряжение может привести к снижению скорости вращения электромоторов, что приводит к снижению производительности механизмов или устройств;
- нарушение норм и стандартов;

- снабжение потребителей электроэнергией ненадлежащего качества. При повышении напряжения энергопотребление может увеличиться, что приведет к излишнему расходу электроэнергии, выходу приборов из строя, а в худшем случае - возгорание. С другой стороны, снижение напряжения может привести к недостаточному питанию и неправильной работе устройств у потребителей.

Как показатель качества электроэнергии (ПКЭ) отклонение напряжения нормируется ГОСТ 32144-2013 [1]. ПКЭ являются отрицательное $\delta U_{(-)}$ и положительное $\delta U_{(+)}$ отклонения напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии от номинального/согласованного значения, %:

$$\delta U_{(-)} = [(U_0 - U_{m(-)})/U_0] \cdot 100;$$

$$\delta U_{(+)} = [(U_{m(+)} - U_0)/U_0] \cdot 100,$$

где $U_{m(-)}$, $U_{m(+)}$ - значения напряжения электропитания, меньшие U_0 и большие U_0 соответственно, усредненные в интервале времени 10 мин в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30, подраздел 5.12 [2].;

U_0 - напряжение, равное стандартному номинальному напряжению $U_{ном}$ или согласованному напряжению U_c .

Как уже известно, регулирование напряжения в сети необходимо для обеспечения оптимальных технических и экономических условий совместной работы электрических сетей, электроприемников и связанных с ними производственных механизмов. Но почему важно регулировать напряжение именно в ЦП? Потому что изменение напряжения на шинах ЦП приводит к изменениям напряжения во всей сети, присоединенной к ЦП.

На шинах ЦП, как правило, осуществляется именно встречное регулирование, при котором напряжение поддерживается тем выше, чем больше нагрузка трансформатора. Согласно этому методу, напряжение на шинах НН ЦП в режиме наибольшей нагрузки (НБ) должно поддерживаться

на 5 % выше номинального (не менее), а в режиме наименьшей нагрузки (НМ) – не выше номинального. Эти нормы приведены согласно требованиям ПУЭ. Опыт эксплуатации показывает, что следует повышать напряжение на 10 %, если при этом отклонение напряжения у ближайших потребителей не превосходит допустимого значения.

Существует определенный алгоритм расчета закона регулирования на шинах ЦП и настроечных коэффициентов средств регулирования напряжения в системах электроснабжения.

На первом этапе производится настройка ПБВ трансформаторов. *На втором этапе* определяется допустимый диапазон отклонения напряжения на шинах НН ЦП. *На третьем этапе* производится расчет настроечных коэффициентов РПН ЦП. И, самое главное, регулирование напряжения на шинах ЦП осуществляется по следующему закону:

$$\delta U_{\text{ЦП}} = U_0 + Ik \pm \zeta,$$

где U_0 – напряжение стабилизации (%), k – токовая коррекция (% / А), I – ток нагрузки через трансформатор ЦП (А), ζ – половина ширины зоны нечувствительности (%).

Для того, чтоб ответить на главный вопрос данной статьи, необходимо учитывать статические характеристики нагрузок (СХН) в сети. Использование СХН повышает точность моделирования нагрузки, что ведёт к снижению погрешности расчётов установившихся режимов и повышению качества оптимизации режимов по напряжению. Для этого необходимо смоделировать 2 ситуации, когда у ближайшего потребителя на шинах НН +10% отклонения напряжения от номинального значения, и в другом случае, когда у дальнего потребителя -10%. Опытным путем было установлено, что в первом случае в сети передается больше мощности, чем во втором случае, соответственно, из-за большего потребления будет наибольшая выгода электросетевой компании.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии
3. Управление качеством электроэнергии/ Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г., Шаров Ю.В., Воробьев А.Ю. // М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 347 с.
4. Оценка технико-экономического эффекта применения устройств автоматического регулирования напряжения на трансформаторах 10/0,4 кВ в распределительных электрических сетях / М. Г. Асташев, А. С. Ванин, В. М. Королев [и др.] // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2021. – № 5.