

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ ДО 1 КВ ОРГАНИЗАЦИЙ

А. Н. Беляй

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. Н. Колесник

Согласно ГОСТ 13109–97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» значение напряжения у конечного электроприемника должно быть на уровне номинального. Допустимые отклонения напряжения лежат в пределах $\pm 5\%$. Предельно допустимые кратковременные отклонения сетевого напряжения могут быть $\pm 10\%$. Все значения напряжения за пределами этих допусков могут быть опасны для оборудования.

Также известно, что отклонение напряжения на зажимах электроприемников относительно номинального даже в допустимых пределах может существенно влиять на технико-экономические показатели потребителей электроэнергии.

Например, изменение напряжения от $0,9 U_n$ до $1,1 U_n$ на зажимах ламп накаливания приводит к увеличению светового потока в 2 раза, световой отдачи – в 1,5 раза. В то же время увеличивается потребление активной мощности (до 40 %) и существенно сокращается срок службы ламп (более чем в 10 раз). Для люминесцентных ламп с электромагнитными зависимостями изменения светового потока и мощности от напряжения практически аналогичны.

Чтобы избежать такой проблемы, потребителю электроэнергии может быть предложена установка стабилизатора (регулятора) напряжения. Это устройство позволяет автоматически поддерживать заданный одинаковый уровень напряжения. Стабилизаторы разделяются на 3 вида по их принципу работы. Это феррорезонансные, ступенчатые и электромеханические.

Высокую точность стабилизации и в то же время плавную регулировку позволит обеспечивать электромеханический стабилизатор. Им постоянно осуществляется контроль за выходным напряжением. Если напряжение отклоняется относительно заданного, то вместе с ним происходит изменение фазы и величины напряжения. Подобная схема хороша тем, что может очень плавно регулировать или изменять уровень напряжения, не прерывая фазу и не искажая синусоиду. Это очень важный фактор для точной электроники. Такие стабилизаторы компактны и практически могут применяться повсеместно.

В данной работе было разработано приложение автоматизированной расчетно-справочной системы для оценки эффективности стабилизации напряжения при использовании регулятора (стабилизатора) напряжения. Приложение позволяет выполнить оценку энергосберегающего эффекта за счет оптимизации напряжения.

Для работы с компьютерной программой необходимо определить характер и ввести мощность нагрузки (рис. 1). Это необходимо для того, чтобы наиболее точно определить эффект от применения регулятора (стабилизатора). Затем пользователю предлагается ввести график изменения напряжения для оценки отклонений напряжения от допустимых норм (рис. 2).

После ввода исходных данных выполняется расчет энергетической эффективности оптимизации напряжения. Расчет производится по формуле:

$$\delta W \approx V \cdot \sum W_i \cdot \alpha_i - \Delta W_p,$$

где V – математическое ожидание отклонения напряжения; W_i – фактическое потребление электроэнергии по i -м группам электроприемников, полученное, например, из электрического баланса; α_i – регулирующий эффект по активной мощности, определяется для каждой из групп электроприемников; ΔW_p – потери электрической энергии в регуляторе (стабилизаторе) напряжения.

Мощность регулятора, кВА	<input type="text" value="10"/>	
Продолжительность работы, ч	<input type="text" value="12"/>	
Укажите характер нагрузки		
Наименование	P, кВт	Регулирующий эффект «аі», %
<input checked="" type="radio"/> Лампы накаливания	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="1.6"/>
<input type="radio"/> Лампы типа ДРЛ (высокого давления)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Люминесцентные лампы (низкого давления)	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value="1.9"/>
<input type="radio"/> Галогеновые лампы	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="radio"/> Лампы на светодиодах	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Асинхронные электродвигатели	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0.9"/>
Расчет		
эффективность оптимизации напряжения составляет в узле нагрузки 1,8% на 1% снижения напряжения		

Рис. 1. Вид окна ввода исходных данных



Рис. 2. Вид графика изменения напряжения питающей сети

Функция стабилизации заключается в возможности поддерживать стабильное напряжение на выходе, вне зависимости от напряжения на входе. Стандартные модели трехфазных стабилизаторов способны поддерживать стабильное напряжение на своем выходе в пределах колебания $\pm 15\%$ сетевого напряжения. При отклонении сетевого напряжения за пределы $\pm 15\%$ применяются модели стабилизаторов с более широким диапазоном напряжения по входу. Максимальный входной диапазон стабилизаторов лежит в пределах от -45% до $+25\%$, т. е. применительно к напряжению 220 В, это диапазон колебания входного сетевого напряжения от 121 до 275 В.

В приложении имеется возможность выбора стабилизатора по токам и напряжению в электрической сети (рис. 3).

Таблица подбора мощности стабилизатора по токам и напряжению в электрической сети

Фазы	Макс. Токи I(A)	Мин. Напр. U(В)	Процент падения /повышения по отношению к номинальному напряжению 220В (%)	U на выходе	Реальная мощность по фазам $P=(U*I)/1000$, кВт	зимний коэффициент	коэффициент запаса мощности	Расчетная мощность по фазам с учетом коэффициентов, кВт
L1	55	170	23	220	12.1	1.4	1.3	15.7
L2	23	176	20	220	5.06	1.4	1.3	6.6
L3	17	180	18	220	3.74	1.4	1.3	4.9

Суммарная мощность электрической системы (кВт)

Выбор мощности стабилизатора осуществляется по наиболее загруженной фазе = $L1*3$

Минимальная мощность стабилизатора 45кВт с пределом регулировки - 25%

Выбор стабилизатора из существующей базы данных

Рис. 3. Таблица подбора мощности стабилизатора по токам и напряжению в электрической сети

Необходимо ввести данные о загруженности фаз, значения максимального тока и минимального напряжения.

Результаты измерений для наглядности сводятся в таблицу. Выбор мощности стабилизатора осуществляется по токам наиболее загруженной фазы, с учетом коэффициентов сезонного изменения и запаса по мощности.

Таким образом, стабилизация напряжения в электросетях до 1 кВ организаций позволяет не только обеспечить защиту оборудования от перепадов напряжения, но и получить энергетический эффект за счет энергосбережения. Разработанное приложение автоматизированной расчетно-справочной системы позволяет осуществлять выбор и оценку энергетической эффективности стабилизаторов (регуляторов) напряжения в электрических сетях с учетом структуры электрической нагрузки.