

*Нуруллаев О. старший преподаватель
кафедры Электр технологии
Джизакский политехнический институт
Узбекистан, г. Джизак*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОКООГРАНИЧИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

***Аннотация:** В данной статье рассматривается использование токоограничивающих устройств с трансформаторами. Защита обмоток трансформатора от перегрузки по току в сети. Проанализировано использование токоограничивающих устройств в защите трансформаторов от резких скачков токов. Также приведены диапазоны регулировки напряжения для снижения тока в сети.*

***Ключевые слова:** токоограничивающее устройство, электроснабжение, главная.*

понижительная подстанция (ГПП), автоматическое резервирование (АВР)

***Annotation:** This article discusses the use of current-limiting devices with transformers. Protection of transformer windings against current overload in the network. The use of current-limiting devices in the protection of transformers from sudden current surges is analyzed. Also given are the voltage adjustment ranges to reduce the current in the network.*

***Key words:** current limiting device, power supply, main step-down substation (GPP), automatic redundancy (ATS).*

Эффективным является использование различного рода токоограничивающих устройств (ТОУ), позволяющих кардинально улучшить

характеристики СЭ в нормальных и аварийных режимах. Прогресс в исследовании и разработке ТОУ позволяет предположить, что будут пересмотрены некоторые концепции радиального построения сетей в сторону объединения на параллельную работу через ТОУ секций сборных шин одного напряжения понижающих трансформаторов на промышленных предприятиях. В системах электроснабжения (СЭ) промышленных предприятий обычно выделяют схемы внешнего и внутреннего электроснабжения. На рис. 1 приведены наиболее характерные схемы внешнего электроснабжения, в которых, в зависимости от мощности предприятия, его удаленности от источника питания и характера нагрузки подвод мощности осуществляется по линиям с напряжением от 6 до 330 кВ.

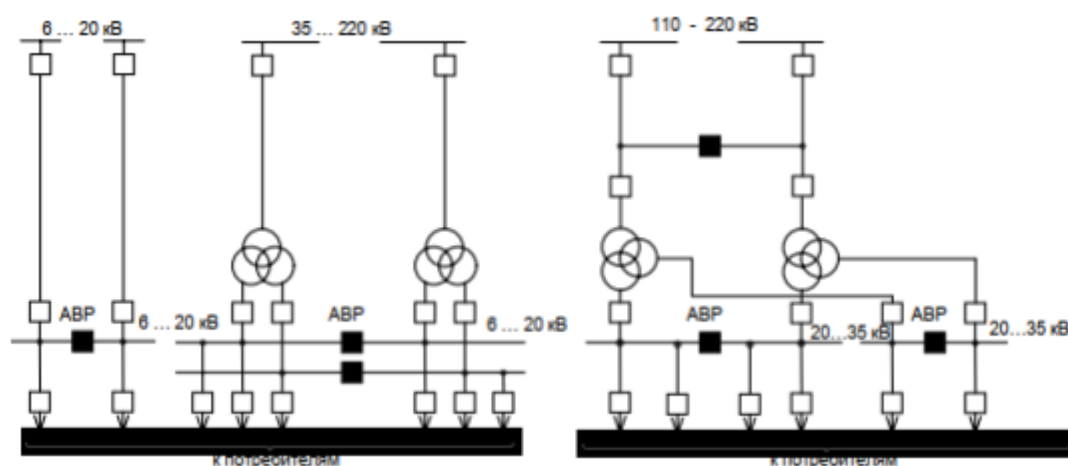


Рис. 1. Характерные схемы электроснабжения промышленных предприятий.

В схеме рис. 1а распределение электроэнергии осуществляется без промежуточной трансформации на напряжении 6, 10 и 20 кВ, что характерно для небольших предприятий, расположенных вблизи источников питания. Схема по рис. 1б широко применяется для средних и крупных промышленных предприятий. Трансформаторы на главных понизительных подстанциях (ГПП) в таких схемах могут выполняться двухобмоточными или с расщепленными обмотками низкого напряжения (НН), работающими отдельно или параллельно. Обычно применяется автоматическое резервирование (ABP) секций сборных шин; между секциями или на

отходящих линиях, в зависимости от мощности и наличия двигательной нагрузки, могут устанавливаться токоограничивающие реакторы. Для крупных предприятий также используется схема, приведенная на рис. 1в. Мощности трансформаторов ГПП изменяются в широких пределах, достигая 80 МВ·А. Понижительные трансформаторы, начиная с мощности 25 МВ·А, выполняются с двумя расщепленными обмотками НН. Мощность КЗ на шинах высокого напряжения (ВН) трансформаторов $S_{ВНкз} = \sqrt{3} \cdot U_{ВНном} \cdot I_{ВНкз}$ обычно настолько велика, что нелинейные искажения и колебания нагрузки отдельных трансформаторов, за редким исключением, не создают недопустимых возмущений в сети ВН. Мощность КЗ на шинах НН трансформаторов при неучете подпитки тока от двигательной нагрузки составляет:

$$S_{кз}^{НН} = \sqrt{3} \cdot U_{ННном}^{НН} I_{кз}^{НН} = (U_{ННном}^{НН})^2 / (x_c + x_m) = 1 / (1/S_{кз}^{ВН} + U_k / S_{Тном}),$$

где $U_{ННном}$ – номинальное напряжение на шинах НН, U_k – напряжение КЗ трансформатора в о.е. (обычно $U_k=0,105$), $x_c = U_{2ном} / S_{ВНкз}$ и $x_m = (U_{2ном} \cdot U_k) / S_{Тном}$ – реактивные сопротивления системы и трансформатора, приведенные к стороне НН. Приблизительно мощность $S_{ННкз}$ равна $9 \cdot S_{Тном}$, а с учетом подпитки 50%-ной двигательной нагрузки может быть в 1,5 раза большей. Массовое применение в сетях 6-10 кВ находят ячейки комплектных распределительных устройств (КРУ) с маломасляными и вакуумными выключателями отходящих линий, рассчитанные на мощность КЗ 350 МВ·А в сетях 10 кВ и 200 МВ·А в сетях 6 кВ (предельные токи отключения 20 кА). В последние годы начинают получать распространение выключатели с током отключения 31,5 кА, что позволяет использовать их в сетях с мощностью КЗ соответственно 550 и 330 МВ·А. В случае несоответствия реальной мощности $S_{ННкз}$ и предельной отключающей способности выключателя устанавливают более мощные и дорогие выключатели или применяют меры токоограничения: раздельную работу расщепленных обмоток трансформатора и установку на вводах секций сборных шин одинарных или сдвоенных токоограничивающих реакторов.

Внутреннее электроснабжение осуществляется по радиальным, магистральным или смешанным схемам на напряжении 6-10 кВ. Вид схемы зависит от количества цеховых подстанций 6-10/0,4 кВ, их мощности и мест расположения. Подстанции выполняются однострансформаторными или двухтрансформаторными и мощность трансформатора на них достигает до 2500 кВ·А. Распределение электроэнергии в цехах на напряжении 0,4 кВ осуществляется кабельными линиями или магистральными и распределительными шинпроводами. Нагрузки электроприемников в соответствии с их влиянием на СЭ, можно условно разделить на симметричные с ровным графиком, несимметричные, нелинейные, резкопеременные. К симметричным со спокойным графиком нагрузки следует отнести, в основном, силовые общепромышленные установки с асинхронными и синхронными двигателями.¹ Мощность таких двигателей изменяется от долей до десятков мегаватт. Осветительная нагрузка, хотя и относится к однофазной, но благодаря незначительной мощности одного светильника при правильной группировке приборов в трехфазной сети удается достичь практически равномерной нагрузки по фазам. Электроприемниками с несимметричной нагрузкой являются электросварочные установки переменного тока, электровозы внутрикарьерного и внутрицехового транспорта на переменном токе, мощные однофазные нагрузки электродных печей, печей электрошлакового переплава и индукционного нагрева. Широко распространенные трехфазные дуговые электропечи также вызывают несимметрию нагрузок из-за неустойчивого горения дуги в каждой из трех фаз. Нелинейную нагрузку составляют всевозможные управляемые и неуправляемые полупроводниковые преобразователи, мощность которых особенно велика в цехах металлургических заводов и предприятий цветной металлургии и химической промышленности. К резкопеременной нагрузке относятся дуговые электропечи, сварочные установки, крановая нагрузка, управляемые вентильные преобразователи прокатных станков, шахтных

подъемников и т.п. Все возрастающая мощность потребителей с нелинейной, несимметричной и резкопеременной нагрузкой создает проблемы, связанные с ухудшением качества электрической энергии. Остановимся на методах оценки показателей качества электроэнергии (ПКЭ) в СЭ с подобными потребителями. Нагрузки электроприемников в соответствии с их влиянием на СЭ, можно условно разделить на симметричные с ровным графиком, несимметричные, нелинейные, резкопеременные. К симметричным со спокойным графиком нагрузки следует отнести, в основном, силовые общепромышленные установки с асинхронными и синхронными двигателями. Мощность таких двигателей изменяется от долей до десятков мегаватт. Осветительная нагрузка, хотя и относится к однофазной, но благодаря незначительной мощности одного светильника при правильной группировке приборов в трехфазной сети удастся достичь практически равномерной нагрузки по фазам.² Электроприемниками с несимметричной нагрузкой являются электросварочные установки переменного тока, электровозы внутрикарьерного и внутрицехового транспорта на переменном токе, мощные однофазные нагрузки электродных печей, печей электрошлакового переплава и индукционного нагрева. Широко распространенные трехфазные дуговые электропечи также вызывают несимметрию нагрузок из-за неустойчивого горения дуги в каждой из трех фаз. Нелинейную нагрузку составляют всевозможные управляемые и неуправляемые полупроводниковые преобразователи, мощность которых особенно велика в цехах металлургических заводов и предприятий цветной металлургии и химической промышленности. Допустимые значения ПКЭ нормируются в процентах в зависимости от длительности существования того или иного возмущения в течение суток. Отклонения напряжения δU на входе электроприемников (ЭП) в течение 95 % времени измерения (сутки) не должны выходить за пределы $\pm 5 \%$ и не превышать $\pm 10 \%$. Отклонения напряжения зависят от технических возможностей и законов регулирования централизованных и местных средств

регулирования напряжения, а также от суточных диапазонов изменения нагрузки электроприемников. В целом отклонения напряжения на шинах тем меньше, чем меньше результирующее сопротивление цепей питания (больше мощность $S_{кз}$).³ Размах изменения напряжения δU_t в процентах определяется по формуле:

$$\delta U_t = ((U_1 - U_2) / U_{ном}) \cdot 100,$$

где U_1 и U_2 – значения следующих друг за другом экстремумов или экстремума и

горизонтального участка огибающей действующего значения напряжения. Учитывать следует только размахи, происходящие с интервалом не более 1 минуты (для периодических изменений – с частотой 1 раз в минуту и более). Для близких к периодическим изменениям напряжения норма на δU_t установлена в зависимости от частоты изменения напряжения

$$f = m/T,$$

где m – число изменений за время T .

Литература:

1. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М., Энергоатомиздат, 208 с., 1983.
2. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М., Энергоатомиздат, 336 с., 1987. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий (СН-174-75). М., Стройиздат, с.53, 1976.
3. Кучумов Л.А. О путях преодоления противоречивых требований повышения качества электрической энергии и уменьшения уровней токов короткого замыкания. Проблемы технической электродинамики, вып.64, с.61-63, 1977.