

А.С. ЛУТОНИН, аспирант первого курса каф. ОЭ
(Санкт-Петербургский горный университет)
г. Санкт-Петербург

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

В настоящее время особое внимание уделяется политике энергоснабжения и одним из важнейших вопросов в этой сфере является снижение расходов при передаче и потреблении энергии

Существуют различные способы экономии энергетических ресурсов, к которым можно отнести выравнивание графиков электрических нагрузок [6,7], регулирование потребляемой активной и реактивной мощности путем изменения напряжения питания в нормально допустимых пределах и др. Для осуществления регулирования мощности по напряжению необходимо иметь представление о составе электрических нагрузок, а также статистические характеристики узла нагрузки (СХН) [3]. Для определения статических характеристик узла электрической нагрузки можно использовать методы активного либо пассивного эксперимента, либо применять расчетные методы.

Однако, при расчетах режимов электроснабжения до сих пор применяются различные способы представления электрических нагрузок в узлах системы. Согласно [4,5], нагрузку можно представлять различными способами, среди которых наиболее часто используемые:

- Представление нагрузки в виде параллельно и последовательно соединенных элементов активного и реактивного сопротивления;
- Представление нагрузки в виде постоянного значения активной и реактивной мощности
- Представление нагрузки в виде статических характеристик по напряжению и по частоте

Каждый из этих способов имеет свои плюсы и минусы и может давать определенную погрешность при расчете режимов электрической сети.

Характеристикой каждого электроприемника и потребителей в целом является потребляемая ими активная и реактивная мощность. Значения мощности потребителей зависит как от режима их работы во времени, описываемые графиками электрических нагрузок, так и от параметров режима – напряжения на зажимах электропотребителя и частоты в

электрической сети $P = \varphi(U, f)$ и $Q = \psi(U, f)$. Эти зависимости и представляют собой статические характеристики нагрузки.

В работе рассматриваются зависимости мощности нагрузки только от напряжения – статические характеристики нагрузки по напряжению $P(U)$ и $Q(U)$. При этом будем считать частоту в системе электроснабжения неизменной. Вид этих зависимостей определяется составом потребителей электрической энергии.

Объектом исследования выбрана секция шин трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ. В качестве нагрузки приняты асинхронные двигатели с исполнительными механизмами в виде вентиляторов и насосов, а также освещение и установки компенсации реактивной мощности. Для данного узла нагрузки были рассчитаны параметры схемы замещения трансформаторов, линий электропередач, статические характеристики по напряжению для каждой нагрузки в отдельности.

Первым способом являлось представление нагрузки в виде последовательных и параллельных соединений активных R и реактивных (L либо C) элементов. Рассчитанные параметры схемы замещения 0,4 кВ приведены к уровню напряжения 6кВ.

Вторым способом выбран способ представления нагрузки в виде постоянного значения мощностей P, Q . Был произведен расчет однофазной системы замещения итерационным методом. В качестве исходных данных для расчета в программу вводятся значения напряжения узла нагрузки, параметры линий электропередач, приведенные к уровню напряжения 6кВ, параметры схемы замещения трансформатора, значения потребляемой мощности P_{Hn}, Q_{Hn} в номинальном режиме. Рассчитанные напряжения на каждой нагрузке сравниваются с напряжениями предыдущего цикла. Если разница значений напряжений на каждой отдельно взятой нагрузке составляет по отношению к напряжениям, посчитанным в предыдущем шаге, меньше заданного значения ε , то происходит окончательное вычисление значений потребляемой мощности (P, Q) узла нагрузки.

В качестве третьего способа используется наиболее точный способ представления нагрузок в виде статических характеристик по напряжению для каждой нагрузки в отдельности. Алгоритм расчета потребления активной и реактивной мощности узлом нагрузки практически соответствует алгоритму расчета узла нагрузки, представленного в виде известных значений P и Q . Отличие состоит в том, что в качестве исходных данных для расчета задаются статические характеристики отдельных нагрузок. На каждом шаге итерации включается дополнительная операция расчета активного и

реактивного сопротивления, используя рассчитанные значения напряжения на каждой нагрузке, найденные шагом ранее

Поскольку основной целью исследования является выявление наилучшего метода представления электрических нагрузок в узлах системы, были рассчитаны относительные погрешности всех используемых в работе методов. За основу при расчете погрешностей были приняты результаты расчета СХН узла нагрузки по третьему способу.

По результатам расчетов были сделаны следующие выводы:

1. Выбор способа представления нагрузки при расчетах режимов электрической сети оказывает значительное влияние на полученные результаты;

2. Представление нагрузок в виде последовательного либо параллельного соединения элементов может внести погрешность до 23 %, что является недопустимым отклонением. Данная погрешность объясняется тем, что значения R_n и X_n рассчитываются для номинальных значений мощности и номинальных значений напряжения на нагрузке, не учитывая падения напряжения в линиях, а также зависимости $P(U)$, $Q(U)$ для каждой нагрузки в отдельности;

3. При представлении нагрузки в виде постоянных значений активной и реактивной мощности погрешность может составлять не более 2%, что допустимо для инженерных расчетов. Данная погрешность обусловлена тем, что не учитывается изменение потребляемой активной и реактивной мощности каждой отдельно взятой нагрузки при изменении напряжения питания.

Список литературы:

1. ГОСТ 13109-98. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего положения.
2. ГОСТ 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего положения.
3. Горбунова Л.М., Портной М.Г., Рабинович Р.С. и др.; Под ред С.А. Совалова. Экспериментальные исследования режимов энергосистем. М.: Энергоатомиздат, 1985. 448с.
4. Кескевич И.Л. Электрические системы и сети. - М., 1970.
5. Маркович И.М. Режимы энергетических систем. - Изд. 4-е, перераб. и догт, М.: Энергия; 1969. - 352 с., с илл.
6. Шклярский Я.Э., Брагин А.А. Рациональное формирование графика нагрузки электротехнического комплекса горного предприятия // Записки горного института. - Т. 196. - СПб. - 2012. - С.281 -284.
7. Шклярский Я.Э., Брагин А.А. Снижение потерь энергии в электрических сетях предприятий // Журнал «Известия ВУЗов. Горный журнал» №1, 2013- С.99-103.