

$$P\left(m, \frac{B}{A}\right) = \sum_{n=0}^{\infty} (1)^n \frac{m^{2n}}{2^{2n} n!} \sum_{\kappa=0}^n \frac{\left(\frac{B}{A}\right)^{2\kappa}}{\kappa! (n-\kappa)! [2n-\kappa+1] (n-\kappa+1)} \times$$

$$\frac{x}{(2\kappa+1)(\kappa+1)}; \quad (6)$$

$$\frac{B}{A} > 1.$$

Использование специальных функций G и P в расчетных алгоритмах в том виде, в каком они представлены выше, невозможно из-за большого расхода машинного времени на их вычисление.

Для реализации этих функций в программах расчета сопротивлений растеканию заземлителей предлагается использовать метод интерполяции, основанный на применении сплайн-функций. На основании результатов расчета функций G и P по формулам (5), (6) были построены кубические сплайны двух переменных в кусочно-многочленном представлении, которые затем используются в алгоритмах расчета сопротивлений растеканию рассмотренных заземлителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эбин Л.Е., Якобс А.И. Применение метода наведенных потенциалов при расчете сложных заземлителей в неоднородных грунтах. — Электричество, 1964, № 6, с. 1–6.
2. Якобс А.И., Мишкин В.М. Расчет сопротивления вертикальных стержневых заземлителей, работающих в многослойной земле. — Электричество, 1972, № 9, с. 89–90.
3. Филатов В.А., Филатова В.Н. Вычисление кажущегося сопротивления в методе ВЭЗ при помощи ЭВМ. — Труды Сиб. научно-исслед. ин-та геологии, геофизики и минер. сырья. Новосибирск, 1975, вып. 215, с. 113–119.
4. Якобс А.И., Коструба С.И., Живаго В.Т. Расчет заземляющих устройств с помощью ЭВМ — Электричество, 1967, № 8, с. 21–27.

УДК 621.311.153.001

В.В. ПРОКОПЧИК, канд.техн.наук (ГПИ),
Б.И. КУДРИН, канд.техн.наук (ГИПРОМЭЗ)

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В связи с изменением порядка проектирования в настоящее время схемы электроснабжения предприятий разрабатываются на перспективу 5 и 10 лет. При этом данные по отдельным электроприемникам и их группам для предприятий отсутствуют. В условиях неполной информации проектировщик должен тем не менее определить основные показатели, характеризующие развитие и построение системы электроснабжения: общее электропотребление

А; получасовой максимум нагрузки P_M ; установленную мощность электроприемников P_Y по предприятию и его цехам и коэффициенты спроса K_C и др. Эти показатели определяют стоимость системы электроснабжения и должны быть согласованы с энергосистемой. Электрические нагрузки являются основой построения схемы электроснабжения и корреляционно связаны с величиной капитальных вложений и последующими издержками эксплуатации.

После внедрения "Указаний по определению электрических нагрузок в промышленных установках" [1] казалось, что вопрос расчета электрических нагрузок решен и что с погрешностью 10 % будет обеспечено соответствие между расчетами и действительными нагрузками. Однако проведенные в ряде отраслей обследования показали неудовлетворительное положение с загрузкой силовых трансформаторов, питающих и распределительных сетей и других элементов систем электроснабжения. Так, для предприятий черной металлургии загрузка силовых трансформаторов на 25–40 % меньше их номинальной мощности, что вдвое ниже директивной для отрасли в целом. При этом загрузка распределительных сетей не превышает 20–30 % [2]. Это объясняется прежде всего ошибками в расчете электрических нагрузок, составляющими 50–200 %. Это в основном следствие абсолютизации [1] метода упорядоченных диаграмм, справедливого лишь для групп электроприемников и узлов напряжением до 1000 В, а также неправильного определения значений расчетных нагрузок по средней мощности. При выполнении проектов, когда определяется схема электроснабжения предприятий, отдельных районов, производств и цехов, расчет нагрузок выполняется для различных уровней (ступеней). Выделим приемники электроэнергии, характеризующиеся номинальной (установленной) $P_N (P_Y)$, расчетной P_P , средней P_C мощностями, коэффициентом использования $K_{И}$ по уровням (УР) системы электроснабжения (рис. 1):

– отдельные электроприемники, электроприемники агрегата, группы механизмов, связанных технологически или территориально, которые характеризуются $P_P^1, P_C^1, K_{И}^1, \dots$;

– примем их за 1 УР;

– распределительный пункт (щит управления), образующий 2УР со своими коэффициентами P_P^2, \dots , питает несколько электроприемников (участки цеха);

– распределительные пункты питаются со щита низкого напряжения трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ; для этой ступени характерно объединение основных и вспомогательных потребителей, объединение таких электроприемников, взаимная зависимость которых с точки зрения их загрузки может быть охарактеризована низким коэффициентом корреляции – 3УР;

– шины распределительной подстанции (РП), каждая секция которой питается по отдельной линии и от которой питаются трансформаторы 10/0,4 кВ и высоковольтные электроприемники – 4УР;

– РП питаются с шин ГПП, при этом независимость максимумов нагрузки предыдущих уровней с точки зрения технологии и эксплуатационных режимов увеличивается – 5УР;

– сумма нагрузок по всем ГПП предприятия определяет получасовой максимум P_M , который заявляется энергосистеме и подлежит оплате – БУР.

Указанное число уровней крупного предприятия можно считать минимальным. Но дело не в количестве уровней, а в неприменимости одних и тех же теоретических положений для всех уровней.

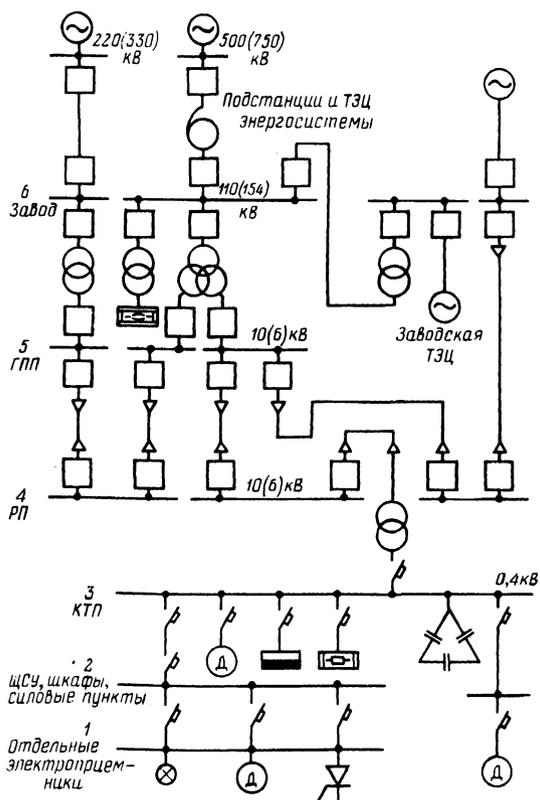


Рис. 1. Уровни (ступени) системы электроснабжения промышленного предприятия.

Покажем неприменимость действующих “Указаний” для 3–6 уровней. Одно из положений [1], заключающееся в том, что K_M быстро падает с увеличением числа электроприемников n , статистически не подтверждается. Не подтверждается и утверждение о том, что широкое внедрение поточного производства и его автоматизация, как правило, приводят к возрастанию K_C .

Во-первых, данные по 60 металлургическим предприятиям показали, что K_M по предприятию (БУР) в целом составляет 1,15–1,60. Зависимость $K_M = f(n, K_{и})$ не значима. Коэффициент спроса со временем не растет, а падает; особенно с увеличением автоматизации и механизации. Во-вторых, разнообразие установленных электроприемников предопределяет низкую

повторяемость режимов работы, негауссово распределение коэффициентов, определяющих P_M от 3-го уровня и выше, а следовательно, неприемлемость допущений: 1) о равномерном распределении коэффициентов использования; 2) о принятии коэффициента загрузки отдельных электроприемников, равным 0,8.

Возвращаясь к исходным положениям [1], заметим, что P определяется для цикла, работающего оборудования. Уже на 4-м уровне — РП (на КТП — в меньшей степени), а затем на 5-м и 6-м уровнях начинают сказываться факторы, влияющие на нагрузки, но не имеющие прямого отношения к электро-технике: проявляются системные свойства.

Отметим некоторые из них: существующая (и неизбежная) аварийность (электрические машины — 6,7 %); плановые простои и ремонты перевалки валков и т.д. (10—30 % календарного времени); работа механизмов и агрегатов, определяемая не технологией, а временем суток (года), состоянием погоды; социальные факторы.

В изложенном заключается главное объяснение низкого коэффициента спроса по металлургическим предприятиям, несоответствия K_C по отдельным цехам: в [1] по доменному цеху $K_C = 0,6$, фактический по Магнитогорскому и ряду других — 0,12, по заготовочному стану 0,6—0,65 и 0,23, ремонтным цехам 0,4—0,5 и 0,12 и т.д.

Есть также практическая трудность расчета нагрузок: для расчета нагрузок надо иметь перечень электроприемников с указанием загрузки, сведений по технологическим режимам и др. Но часть электроприемников определится после построения схемы электроснабжения, выбора машзалов и др., после решений, принимаемых другими отделами, замены при поставке оборудования и др.

Другими словами, параллельность проектирования и его осуществление "сверху вниз" исключает выдачу данных прежде, чем будет решено размещение и определена мощность ГПП, РП, ТП. Основываясь на системном исследовании электрического хозяйства, можно выдвинуть более сильное утверждение: для современных комплексов металлургических цехов и агрегатов стоимостью строительно-монтажных работ 60—200 млн.руб. даже после окончания рабочих чертежей не может быть составлен перечень электроприемников, включающих хотя бы номинальные данные.

Выходом из создавшегося положения является внедрение системы показателей, включающей расчетные нагрузки, удельный расход электроэнергии и др. и охватывающей предприятие в целом, крупный комплекс, отдельный объект (цех) [3].

Выбор сечений провода к отдельному электроприемнику и группе из двух-трех приемников осуществляется по номинальной мощности. Учитывая это, а также требования по механической прочности, по унификации сечений, исходя из условий монтажа и других, можно утверждать, что для выбора большей части провода на 1УР применение "Указаний" не требуется. Их следует применять для 2УР и в отдельных случаях при выборе трансформаторов 10/0,4 кВ. Расчет электрических нагрузок для предприятия, ГПП, РП и, как правило, для ТП (выбор числа и мощности трансформаторов) следует производить, рассматривая предприятие, цех, участок как систему и ком-

плексно используя известные методы определения расчетных нагрузок: 1) по коэффициенту спроса, определяя расчетную нагрузку по установленной мощности электроприемников; 2) по средней мощности, которая определяется по отчетному расходу электроэнергии и числу часов работы выделенной подсистемы и статистически определенному коэффициенту максимума; 3) по удельным расходам электроэнергии на единицу продукции; 4) по удельным плотностям электрических нагрузок. Любой из методов может быть принят за основной, но тогда другие должны применяться для проверки. Это объясняется недостаточностью исходных данных, необходимостью сопоставления из-за противоречивости тенденций, которые следует учитывать, определяя нагрузки на перспективу (5–10) лет.

Нельзя не отметить, что расчет нагрузок в настоящее время представляет собой статическую картину и не отвечает на существенные вопросы: когда во времени ожидается нагрузка, как в зависимости от изменения технологических показателей изменится на перспективу P_M , A и др.

Таким образом, исследования в области расчета нагрузок необходимо вести в направлении создания системы технико-экономических показателей, обязательной для проектных организаций и действующих предприятий, и затем — к информационной базе у генеральных проектировщиков, головных и специализированных институтов (и на предприятиях), на основе которой будут выполняться расчеты, анализ, прогноз и принятие решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указания по определению электрических нагрузок в промышленных установках. — Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок, 1968, № 6, с. 3–17.
2. К у д р и н Б.И. О комплексном методе расчета электрических нагрузок. — Изв. вузов СССР. Электромеханика, 1981, № 2, с. 209–210.
3. К у д р и н Б.И. Оценка электрического хозяйства металлургического предприятия. — Промышленная энергетика, 1978, № 7, с. 5–8.

УДК 621.37/39

А.А. ПОЛИЩУК, ассистент (БПИ)

О ГРУППИРОВКЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Так называемая теория идеализированного клистронного генератора допускает ряд упрощенных предположений, которые в достаточной степени не всегда соответствуют реальной конструкции. Так, предположение о том, что влиянием плотности объемного заряда на электронные процессы в клистроне можно пренебречь и, в частности, распределение потенциала между резонатором и отражателем считать линейным, является неверным, так как современные генераторные клистроны работают при значительных плотностях электронного потока. Учет объемного заряда прежде всего приводит к нелинейному распределению потенциала в области отражателя. Наибольшее влияние пространственного заряда на движение электронов сказывается в плоскости поворота электронов обратно к резонатору. Это приводит к изменению вре-