

// Эффективність та якість електропостачання промислових підприємств:
V міжнародна науково-технічна конф.: 75-річчю Призов. держ. техн. ун-
ту присвячується: зб. проць. – Маріуполь: Вид-во ПДТУ, 2005. – 337 с.

Б.И. Кудрин
Московский энергетический институт

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Проблемы электроснабжения возникли с началом использования электричества для практических целей. Историю можно вести от решений Эдисона, который на постоянном токе осуществил монополярное питание «силы и света». Аналогично промышленное электроснабжение в 30–90-е годы неизменно в СССР рассматривалось как неотъемлемая часть электроэнергетики. Это легко прослеживается, в частности, по публикациям в журнале «Электричество». Постановление 1944 г. Государственного Комитета Обороны, возглавлявшегося Сталиным, де-юре определило промышленную энергетику как объект, установив на предприятиях с мощностью выше 1000 кВт должность главного энергетика и создав Госэнергонадзор. Сложилось устойчивое понятие *промышленная энергетика*, но как-то затерялось собственно само электрическое хозяйство как объект исследования и управления. И хотя термин *электрика* в практике капитального строительства использовали уже с 60-х годов, теоретически выделение электрического хозяйства (электротехнической части объекта), разработка нового математического аппарата (гиперболическое *N*-моделирование) и создание словаря электрики произошли позднее [1,2].

Десятилетиями, начиная с плана ГОЭЛРО, «большая энергетика», представляемая энергосистемами, функционировала (до начала 90-х годов) как и вся мировая энергетика, опираясь на вертикально интегрированные монополии; на административное закрепление зон обслуживания; на тарифы, регулируемые государством.

Политики во всех странах долго не решались реструктуризовать отрасль из-за особенностей электричества как товара, среди которых важнейшие: одновременность производства и потребления; специфика транспорта; влияние на качество электрического тока всех элементов структуры, включая потребителя энергии. Кардинально всё изменил в России Федеральный закон «Об электроэнергетике», чётко разделив понятия *субъект электроэнергетики*, определённый как организации, осуществляющие деятельность в электроэнергетике, в том числе производство, поставку (продажу) электроэнергии, энергоснабжение потребителей (подчеркнём – *до границы раздела*), предоставление услуг по передаче, распределению и сбыту электроэнергии, услуг по диспетчерскому управлению в электроэнергетике, услуг по организации процесса купли-

продажи электроэнергии и её коммерческому учёту; и *потребитель* – «лица, приобретающие электрическую и тепловую энергию для собственных бытовых и (или) производственных нужд», и распределяющие её по своим сетям электроснабжения.

С позиций теории и практики, электрическое хозяйство любой организации (предприятия) и квартиры (офиса), собственно и называемое нами *электрикой*, отличается от электроэнергетики структурой установленного электрооборудования и электрических сетей, иным подходом к инвестициям, включая проектирование [3]; к эксплуатации, ресурсосбережению, диспетчеризации, менеджменту в целом.

Энергетическая система образована, упрощённо говоря, электрическими станциями и электрическими сетями. Большая энергетика, оперируя учебным понятием *электроэнергетическая система*, добавляет ЭП – электроприёмники, электропотребители, не детализируя этот «квадратик». Между тем, потребители страны, начиная с 50-х годов в промышленности, с 60-х – в быту, обзавелись мощным собственным электрическим хозяйством, в 80-е годы потребляя до 5 млрд кВтч/год, эксплуатируя до 100 тыс. электрических машин средней мощностью 30–40 кВт, до 3000 силовых трансформаторов. На Магнитке и Липецке, Азовстали и Криворожстали свыше десятка главных понизительных, опорных, глубокого ввода подстанций с высшим напряжением 110 (154) и 220 (330) кВ.

Конкретизируем это на примере Западно-Сибирского металлургического комбината (см. схему) с годовым потреблением 3 млрд кВтч и нагрузкой 400 МВт, где построено 12 заводских ГПП (из 20 намечавшихся Сибирским Гипромезом) и свыше 100 распределительных подстанций РП 10 и 6 кВ (прокатная ОП-1 напряжением 220/10 кВ с трансформаторами 2×200 МВА отражает принципиально иное по сравнению с Криворожсталью решение по электроснабжению). Это и есть электроснабжение с точки зрения потребителя [1,5]. Впрочем, и схема электроснабжения шахт достаточно впечатляет ([6], с.20) вместе с усреднёнными электрическими показателями (с.27), хотя они и уступают на два порядка электропотреблению алюминиевых заводов.

Для Кузбассэнерго (Энергосетьпроект) электроснабжение Запсиба заканчивается двумя точками (узлами) и заключается в строительстве ТЭЦ (590 МВт) и районной подстанции ЗСМК 220/110 кВ с автотрансформаторами 2×240 МВА. Тогда что же такое отходящие на завод и заводом эксплуатируемые (включая оплату потерь) 27 кабельных линий 10 кВ, две цепи 220 кВ, 12 линий 110 кВ? Принципиально, что это не субъект электроэнергетики, а *субъект потребления*.

Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 (опубликовано 19.01.2005 г.) утвердило новые отношения, конкретизировав понятия *точка присоединения к электрическим сетям* и *граница балансовой принадлежности*. Потребитель электроэнергии стал потребителем услуг по передаче электроэнергии и оказанию этих самых услуг; по оперативно-

диспетчерскому управлению в электроэнергетике; администратора торговой системы оптового рынка; технологического присоединения энергопринимающих устройств к электрическим сетям.

Итак, реструктуризация электроэнергетики породила субъекты, различающиеся функционально и объектно. Электроснабжение же потребителя как цельность осталось и как объект не изменилось (концептуально: не может измениться). Специфика электроснабжения дуговой печи 120 МВА или блюминга 1300, шахтного подъёма или водоотлива, различных видов сварки, прослеживаемая, например, по работам А.К.Шидловского и Г.Я.Вагина, однозначно не даёт относить это электроснабжение к электрическим системам. Правильность такой позиции зафиксирована паспортом специальности «Электростанции и электроэнергетические системы» – 05.14.02, определившим, что не принимаются к защите диссертации, в которых электростанции и электроэнергетические системы структурно и функционально привязаны к конкретному техническому объекту. Специальность же 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» – объединяет исследования по общим закономерностям использования электрической энергии, электротехнического оборудования и информации, а объектом приложения являются электротехнические комплексы и системы генерирования электрической энергии, системы электропривода, электроснабжения, электрооборудования, электротехнологии и электроремонта (всё это и есть электрика).

Столь подробное доказательство, казалось бы, очевидного вызвано практическими потребностями электрообеспечения и ситуацией, связанной с сегодняшней разработкой технических регламентов. Они будут иметь силу закона и заменят ПУЭ, ПТЭ, ГОСТ и другие нормативные документы, которые пока составляют специалисты «большой» энергетики. Волюнтаристское отнесение (со ссылкой на закон «Об электроэнергетике») специальности «Электроснабжение промышленных предприятий» к электроэнергетике и включении её в сферу деятельности соответствующих кафедр определило необходимость открытия новой специальности – 181300 «Электроснабжение, электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций, учреждений», для которой мною были разработаны программы, учебник [7] и ряд пособий.

Объективное различие подходов к электроснабжению потребителей не даёт электроэнергетике уже свыше 100 лет поглотить электрику, лишь в рамках которой, в частности: а) объяснена теоретическая несостоятельность многократных обещаний электроэнергетики «дойти до каждого станка, коровника, розетки» [1,7,8], как это сделал Эдисон; б) предложены новые основы нормирования, расчёта электрических нагрузок, прогноза параметров электропотребления, оценки энергосбережения. Теоретически [1,2,8] электрика опирается на исследования структуры, начинающиеся с уровней системы электроснабжения и списка установленного (ремонтируемого)

электрооборудования, и на негауссовый ценологический аппарат гиперболических H -распределений.

Уровень во многом определяет электроснабжение объекта, включая предельно допустимую мощность, которую потребитель может «взять».

Выделяют несколько уровней. **Первый 1УР** – отдельный электроприёмник, составляющий сущность электрики и определяющий схему электроснабжения потребителя (но не энергосистемы). **Второй 2УР** – *шкаф, щит*, питаемый на напряжении ниже 1 кВ. **Третий 3УР**, когда по различным причинам (мощность, удалённость, надёжность и др.) для электроснабжения потребителя необходима установка одного или нескольких трансформаторов 10(6)/0,4 кВ. **Четвёртый 4УР** формируется при количестве трансформаторов, высоковольтных двигателей, требующем сооружения распределительной подстанции РП 10(6). **Пятый 5УР**, на котором мощность и расход электроэнергии таковы, что для осуществления электроснабжения требуется ввод 35–330 кВ, а для эксплуатации оборудования и сетей создают электрослужбы. И, наконец, ключевой **шестой 6УР**, собственно граница раздела: *субъект электроэнергетики* (электроснабжающая организация) – *потребитель*. 6УР может совпадать с любым иным более низким уровнем.

Если решения, связанные с электроснабжением и менеджментом на 1УР, принимают на основе (в пределе) законов теоретической электротехники, а на 2УР к ним добавляют вероятностные (в пределе – гауссовы) представления, опирающиеся на математическое ожидание и конечную дисперсию, то от 3УР и выше необходим математический аппарат, опирающийся на третью научную картину мира [8]. H -модели в форме видового H -распределения оценивают разнообразие: экономическую приемлемость соотношения уникального, единичного (*ноевого*) и унифицированного, массового (*саранчёвого*). H -распределение по параметру устанавливает соотношение «крупное-среднее-мелкое» и оценивает эффективность во времени результатов функционирования элемента – объекта (региона в рамках страны [9], производства в рамках отрасли [3], удельных расходов по предприятию [2,4], квартире [10]).

Ценологическая теория отражает количественный рост объектов и усложнение процессов окружающего техногенного мира и соответствует вызовам глобализации, ресурсным ограничениям, переходу к постиндустриальному информационному обществу. В практическом плане следует изменить подход к ряду проблем электроснабжения, руководствуясь экономическими интересами электрики.

1. Изменение подхода к компенсации реактивной энергии и мощности. Практика десятилетий сводилась к выдаче технических условий для поддержания коэффициента мощности на достаточно высоком уровне (сейчас часто его «назначают» 0,97) на границе раздела (выгоды – энергосистеме, затраты – потребителю). Сейчас компенсацию потребитель осуществляет, если есть экономическая выгода. Если это услуга

энергосистеме, то она должна быть ею оплачена, чего требует и Гражданский кодекс РФ.

2. Изменение подхода к генерирующим мощностям заключается в строительстве собственных мощностей на всех крупных заводах (Магнитка самообеспечивается 80–90 %). Стали очевидными пагубность запрета на строительство заводских генерирующих мощностей и нарушение *H*-критериев фактом строительства вторых ТЭЦ за оградой завода (Караганда и Липецк) на генераторном напряжении больше чем 10 кВ.

3. Качество электрической энергии определяют на границе раздела, оставляя нерешённым ценологические возмущения, вызванные, например, подключением сварки к щиту 2УР. Сама методология основана на нормальном распределении нарушений параметров качества, хотя несомненно существование *H*-выбросов, которые разрушительны: следует не стремиться найти математическое ожидание, а определить хвосты – выбросы.

4. Рынок требует заявок электрической энергии на сутки вперёд по часам, что предполагает использование нашей методики прогноза, сочетающей расчёты по ТОЭ, вероятностную статистику и ценологическую математику.

5. Реструктуризация электроэнергетики привела потребителей к созданию собственных энергообеспечивающих организаций, численность и объёмы передаваемой электроэнергии которых следует оптимизировать по *H*-критериям.

6. Нормирование, лимитирование электропотребления и расчёт электрических нагрузок должны учитывать различия в 2–3–10 и более раз для предприятий (производств) одного наименования и находить искомые величины при кластеризации *H*-кривой.

7. Мониторинг энергосбережения по цеху, производству, региону, стране и определение объёмов энергосбережения следует осуществлять на основе структурно-топологической *H*-динамики.

Таким образом, ужесточение требований к электроснабжению и его возросшая роль влекут с неизбежностью обращение к новому мировоззрению.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Электрика* как развитие электротехники и электроэнергетики. 3-е изд., испр. - Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1998. – 40 с.

2. *Кудрин Б.И.* Организация, построение и управление электрическим хозяйством промышленных предприятий на основе теории больших систем: Дисс... д-ра техн. наук по спец. 05.14.06 – Электрические системы и управление ими. – Томск: Том. политех. ин-т, 1976. – 452 с. — Вып. 24. "Ценологические исследования". – М.: Центр системных исследований, 2002. – 368 с.

3. *Авдеев В.А., Друян В.М., Кудрин Б.И.* Основы проектирования металлургических заводов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 464 с.

4. Кудрин Б.И., Авдеев В.А., Якимов А.Е. Информационный банк «Черметэлектро». – М.: Электрика, 1995. – 400 с.

5. Фильков С.И. Техническое обеспечение деятельности энергоснабжающих организаций, создаваемых потребителями// Электрика. 2004. № 12. С.3–14.

6. Эффективные режимы работы электротехно-логических комплексов/ Под ред. Шидловского А.К. – Днепропетровск: НГА Украины, 2000. – 184 с.

7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.; М.: Интернет Инжиниринг, 2005. – 672 с.

8. Кудрин Б.И. Техногенная самоорганизация. Для технариев электрики и философов. Вып.25. "Ценологические исследования". – М.: Центр системных исследований, 2004. – 248 с.

9. Электроэффективность: ежегодный рейтинг российских регионов по электропотреблению за 1990–1999 гг.// Электрика. 2001. № 6. С. 3–12.

10. Зайцев Г.З., Божков М.И. Техноценологический взгляд на электрификацию жилья и быта// Электрика. 2001. № 1. С.38-41.