

УДК 621.311

## РАЗВИТИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ DEVELOPMENT OF PROJECT DESIGN IN THE ENERGY SECTOR

И.С. Хитров

Научный руководитель – В.А. Ханевская, инженер  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Khitrou

Supervisor – V. Khanevskaya, engineer  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Энергосистема развивается. Для этого проектируются новые сети, производится реконструкция старых линий электропередачи. Созданием таких проектов занимаются проектировщики. Они используют ЭВМ для упрощения и ускорения работы. Однако, вполне возможно, что в будущем за них это будут выполнять программы и алгоритмы и люди проектировщики перестанут быть необходимы.

**Abstract:** The power system is developing. For this purpose, new networks are being designed, old power transmission lines are being reconstructed. Designers are engaged in the creation of such projects. They use computers to simplify and speed up work. However, it is quite possible that in the future programs and algorithms will do it for them, and human designers will no longer be necessary.

**Ключевые слова:** проектирование, компьютер, алгоритм, программа, чертёж, проект.

**Keywords:** project design, computer, algorithm, program, drawing, project.

### Введение

Развитие человечества не стоит на месте, с каждым годом появляются новые технологии, растёт численность населения. Вместе с этим, соответственно, растёт потребление электрической энергии. Касательно Беларуси на сайте статистики можно увидеть, как оно росло с 2005 года. График представлен на рисунке 1.

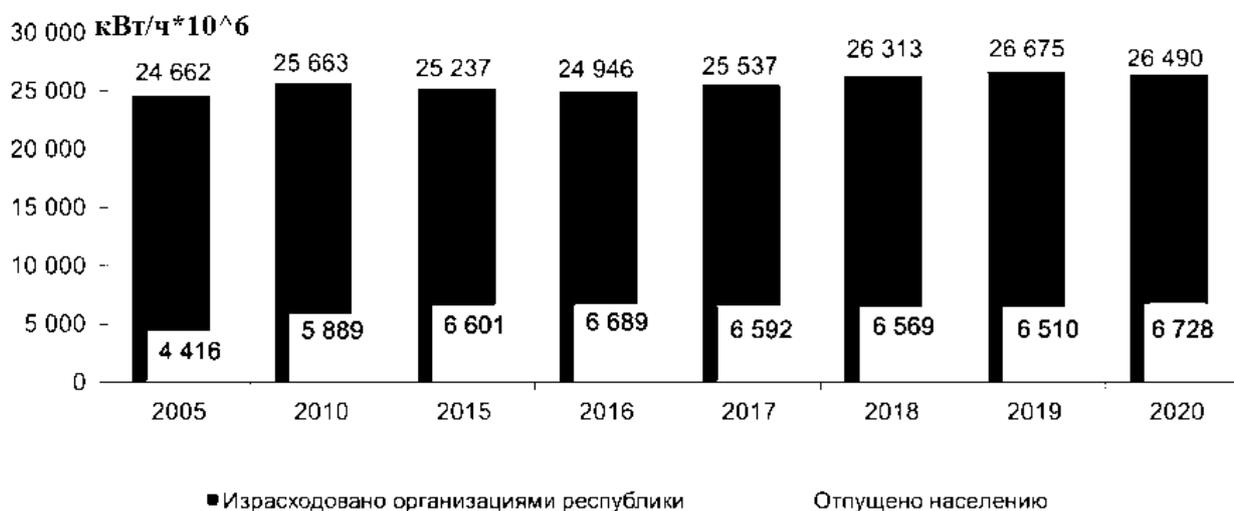


Рисунок 1 – Конечное потребление электрической энергии

Из этого следует что вся энергосистема развивается и обновляется. Для обеспечения повышающейся потребности в электроэнергии применяется новое оборудование на электростанциях и подстанциях, прокладываются новые линии электропередачи, реконструируются старые. Чтобы это реализовать нужны проекты, которые разрабатывают проектировщики.

### Основная часть

Оглядываясь назад, в то время когда ещё не были распространены ЭВМ, работа проектировщика была весьма сложна. Много процедур приходилось выполнять вручную, наиболее сложные из них были: расчёты и создание чертежей.

Основным расчётом при проектировании электрических сетей является расчёт режима. Его особенность заключается в том, что количество уравнений меньше количества неизвестных. Для решения необходимо задаться некоторым приближенным значением и выполнять итерационный расчёт, пока не достигнем нужной точности. Хорошо если таких итераций будет максимум 5 и сеть небольшая, а представьте, нужно выполнить 20 однотипных расчётов для сети с несколькими контурами и большим количеством узлов, имея под рукой лишь калькулятор и ручку. Процесс расчёта мог растянуться на месяцы, а, с учётом человеческого фактора, могло оказаться что есть ошибка в самом начале и нужно считать всё по новой.

Выполнение чертежей задача может и попроще, на первый взгляд, но тоже весьма трудоёмка. Необходимо начертить местность со всеми объектами, коммуникациями и прочим. После этого аккуратно нанести сам проект, а если вдруг какая-то ошибка, исправить её тоже та ещё задача. К слову, всё это выполняется на больших форматах, начиная с А2 и далее. Как это выглядело можно увидеть на рисунке 2.

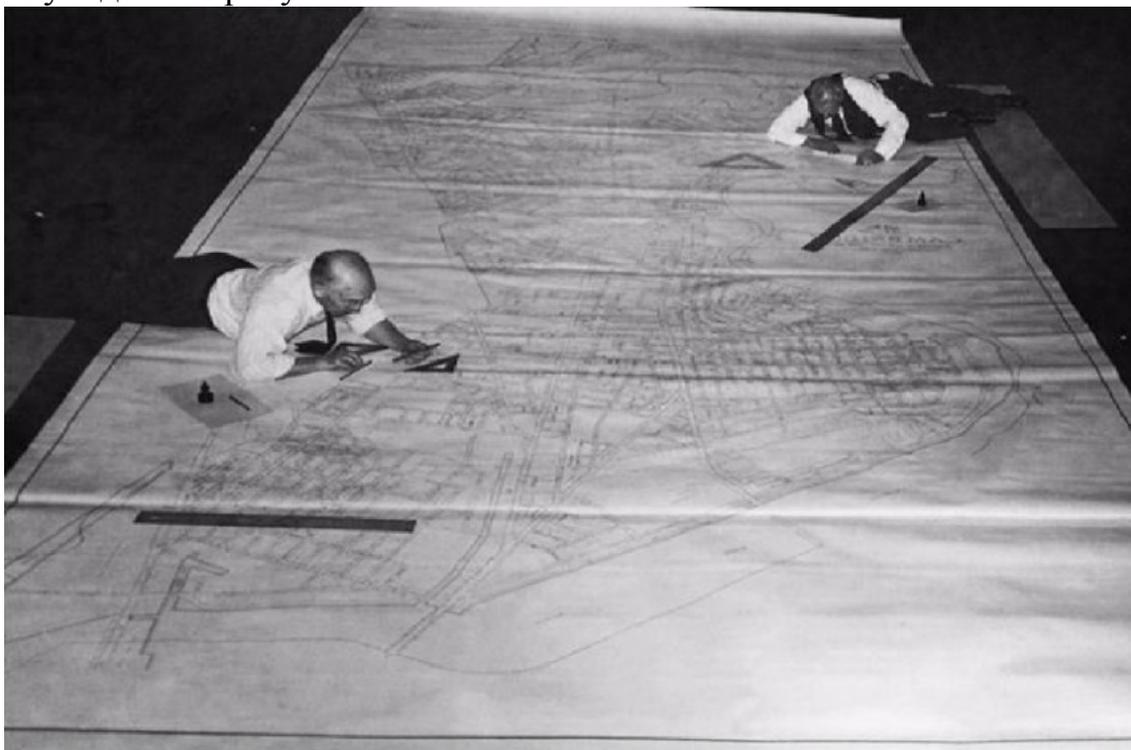


Рисунок 2 – Выполнение чертежа вручную

Однако прогресс не стоит на месте со временем появились ЭВМ, способные выполнять много расчётов за секунды и доли секунд. Расчёт режима свёлся к тому, что человек просто вводит исходные данные, такие как параметры схемы и часть параметров режима, нажимает пару кнопок и через пару секунд компьютер выводит все необходимые данные по режиму сети для последующего проектирования.

Чертежи же всё ещё делали вручную, но спустя некоторое время, с развитием графического интерфейса, появились системы автоматизированного проектирования и черчения. Огромные чертежи на несколько квадратных метров помещались на небольшой экран. Их было легко редактировать и сохранять, чтобы потом частично использовать в других проектах.

Таким образом, на сегодняшний день работа проектировщика электрических сетей упростилась. Для выполнения проекта ему, по большей части, необходим только компьютер, на котором с помощью ряда программ, таких как «Rastrwin», «Autocad», «Mathcad» и т.д. Также вся необходимая литература находится в быстром доступе. При работе над новым проектом он может без особых сложностей взять часть из старых проектов. Всё это позволяет выполнить проект в кратчайшие сроки.

Вполне вероятно, что в ближайшее время компьютерные технологии смогут развиваться до стадии на которой программы, благодаря отточенным алгоритмам, смогут полноценно сами выполнять проект. Заказчику нужно будет всего лишь предоставить ряд данных и задачу на проектирование. Как мы знаем, все программы работают быстро и поэтому готовый проект будет выполнен в кратчайшие сроки. По началу это могут быть часы, а в дальнейшем минуты и секунды.

Для примера можно рассмотреть алгоритмизацию оптимизации электрической сети с помощью батареи статических конденсаторов. Как правило данное мероприятие проводится вручную. Рассчитывается режим, в различные узлы устанавливаются БСК разной мощности, вновь производится расчёт режима и анализируется что произошло с потерями электроэнергии. Если потери уменьшаются, то можно ещё установить БСК и продолжить оптимизацию. Когда же потери перестанут уменьшаться оптимизацию прекращают и происходит процесс анализа экономической целесообразности установки в узлах БСК.

Из выше сказанного следует что процесс не быстрый, особенно если сеть имеет много узлов, если это выполнять вручную. Однако процесс можно алгоритмизировать и написать программу которая будет автоматически устанавливать БСК в узлы, производить расчёт режима и выполнять заключение об эффективности установки. Пример программы написанной в «Mathcad» представлен на рисунках 3, 4, 5.

$U_{by} := 230$   
 $S_n := [-(0 \ 0 \ 10 \ 10 \ 0 \ 30)]^T$  (здесь будет добавление БСК)  
 $R_{\omega} := (4.38 \ 4.38 \ 7.731 \ 7.731 \ 19.688 \ 7.731 \ 10^{-6})^T$  Сопротивление ветвей  
 $X := (86.7 \ 86.7 \ 13.258 \ 13.258 \ 20.424 \ 13.258 \ 10^{-6})^T$   $Q := 1 \cdot j$  Мощность БСК  
 $G_{\omega} := (1.4 \ 1.40 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)^T \cdot 10^{-6}$  активная и реактивная проводимости ветвей  $n := 1$  Номера узлов и с которого начинаем  
 $B := (-8.5 \ -8.5 \ 82.6 \ 82.6 \ 117.3 \ 82.6 \ 0)^T \cdot 10^{-6}$   $fl := 1$  Флажок для первичного расчёта без БСК

Рисунок 3 – Исходные данные

```

Sbsk := while n < 7
    Sn_n ← Sn_n + Q if fl = 1
    iter ← 0
    for i ∈ 1..cols(Yy)
        j ← 1..rows(Yy)
        while iter < 20
            for i ∈ 1..cols(Yy)
                buffer ← 0
                for j ∈ 1..rows(Yy)
                    buffer ← buffer + Yyi,j · Uj
                Fi ← buffer + Uby · Ybyi -  $\frac{S_{n_i}}{U_i}$ 
            for i ∈ 1..cols(Yy)
                for j ∈ 1..rows(Yy)
                    if i = j
                        v1i,j ← Yyi,j +  $\frac{S_{n_i}}{(U_i)^2}$ 
                    else
                        v1i,j ← Yyi,j
            iter ← iter + 1
            U ← U - v1-1 · F
            X ← augment(X,U)
    
```

Рисунок 4 – Блок программы с расчётом режима

```

XX ← X
UU ← (XX1,cols(XX) XX2,cols(XX) XX3,cols(XX) XX4,cols(XX) XX5,cols(XX) XX6,cols(XX))T
UΔ ← Uby · Kt1,1 - UU
ΔUv ← MT · UΔ
Iv ← dZB-1 · ΔUv
ΔP ← Re(dZB) · Re(Iv2)
N ← last(ΔP)
ΔP ← ∑i=1N |ΔPi|
if ΔP ≥ Pot
    | Snn ← Snn - Q
    | n ← n + 1
if ΔP < Pot
    | if (Pot - ΔP) · τ · β > Cbsk
    |     | fl ← fl + 1
    |     | nbsk ← nbsk + 1
    | if (Pot - ΔP) · τ · β ≤ Cbsk
    |     | Snn ← Snn - Q
    |     | n ← n + 1
    | Pot ← ΔP
if nbsk > 4
    | n ← n + 1
    | nbsk ← 0
Sn
    
```

Рисунок 5 – Блок программы с установкой БСК

Данный алгоритм не отлажен должным образом, но весьма прост и выполняет возложенную задачу, его может написать любой более-менее разбирающийся в теме человек за несколько часов. А теперь представьте, чтобы смогли сотворить команда профессиональных программистов и инженеров. Весьма вероятно, что они бы смогли создать программу с удобным интерфейсом, простую в использовании и эффективную.

**Заключение**

Основываясь на выше сказанном можно предположить, что уже в ближайшем будущем процесс проектирования максимально упростится и для выполнения проектов потребуется куда меньше персонала, а это значит сокращение рабочего персонала, уменьшение спроса на проектировщиков. Это будет только началом, потом вероятно программы и алгоритмы полностью заменят людей в этой сфере, останутся лишь единицы для контроля, ведь у программ бывают сбои. Проекты, полноценно созданные программами будут отвечать всем требованиям заказчика, будут выполнены в соответствии со всеми нормами и в кратчайшие сроки.

Уже сейчас часть рабочих заменяют роботами, особенно это эффективно в период пандемии. Много процессов упростилось благодаря компьютерам и программам. Никому не известно как далеко это зайдёт, заменят ли людей машины полностью, но мы можем предположить что во многих отраслях с течением времени будет увеличиваться спрос на них и как видим энергетика не станет исключением. Всё это весьма неблагоприятно скажется на рынке труда.

### Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 18.09.2021.
2. Применение матричных моделей для расчета и анализа режимов электрических сетей: методическое пособие по выполнению курсовой работы и изучению дисциплины «Математические модели в энергетике» для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» / Т.А. Шиманская-Семёнова. – Минск: БНТУ, 2010. – 158 с.
3. Номо Deus. Краткая история будущего / Юваль Ной Харари ; [пер. с англ. А. Андреева]. – М. : Синдбад, 2019. – 496 с.