3

Планирање на развој на потрошувачка на електрична енергија

Планирањето (прогнозата) на потрошувачката на електрична енергија е прва етапа при планирањето на развојот на ЕЕС. Ова произлегува од фактот дека најпрво треба да се располага со релативно прецизни податоци за идните потреби од електрична енергија, па потоа да се премине кон планирање на останатите целини каде прогнозираните потреби се влезни величини. Оттука, јасно е клучното влијание што коректното планирање (прогноза) на развојот на потрошувачката на електрична енергија го има врз планирањето на сите останати целини. Со оглед на тоа што градбата на електричните централи трае и до десет години, грешките во предвидувањето на потрошувачката, а со тоа и во динамиката во изградбата на електроенергетски постројки, може да има многу негативни последици по целото стопанство. Јасно е дека подизграденост на ЕЕС значи недостаток од електрична енергија што резултира со пореметување во целиот стопански систем и економски загуби кои се многу поголеми од вредноста на електричната енергија која недостасува. Од друга страна, преизграденост на ЕЕС значи преурането инвестирање, непотребно ангажирање на финансиски средства, што исто така предизвикува економски штети.

Заради низа фактори кои се поврзани со развојот на целото општество претставува една од најкомплексните задачи. Планирањето на развојот на потрошувачката треба да се спроведе на повеќе начини како би се добиле напоредни резултати кои би ги олесниле анализите. Наведената процедура треба да ја спроведуваат искусни инжењери – експерти кои имаат долгогодишно искуство во таа област.

За потребите на планирањето на производните и преносните капацитети неопходно е да се изврши прогноза на три основни величини:

1. Потрошувачката на електрична енергија (кWh);
2. Вршни (или минимални) оптоварувања (MW);
3. Крива на траење на оптоварување.

Во рамките на планирањето на развој на производни капацитети, неопходна е прогноза на сите наведени величини при што целиот ЕЕС се посматра како една точка во која е сконцентрирана целокупното производство и потрошувачка на електрична енергија. Таквата прогноза се вика прогноза на праг на генератор и во себе ги опфаќа и сопствената потрошувачка на генераторите, загубите во трансформаторите и преносната мрежа и др. Наспроти тоа, при планирање на развој на преносната мрежа неопходна е само прогноза на вршните активни моќности за секој јазол од мрежата.

За прогноза на било кој показател на потрошувачка на електрична енергија се користат различни методологии зависно од временскиот хоризонт на прогнозата (долгорочни и среднорочни), типот на факторите кои се земаат предвид (екстраполациони и корелациони) и присуството на факторите на несигурност (детерминистички и пробабилистички). Во табела 3.1 се дадени нивните основни класификации во зависност од избраниот критериум.

Табела 3.1. Класификација на методите за планирање на потрошувачката на електрична енергија

Критериум	Методологија
Временски хоризонт	1. Долгорочно планирање 2. Среднорочно планирање
Присуство на неелектрични величини	1. Екстраполациони (независни) методи 2. Корелациони (зависни) методи 3. Комбинација на екстраполациони и корелациони методи
Присуство на фактори на несигурност	1. Детерминистички методи 2. Пробабилистички методи

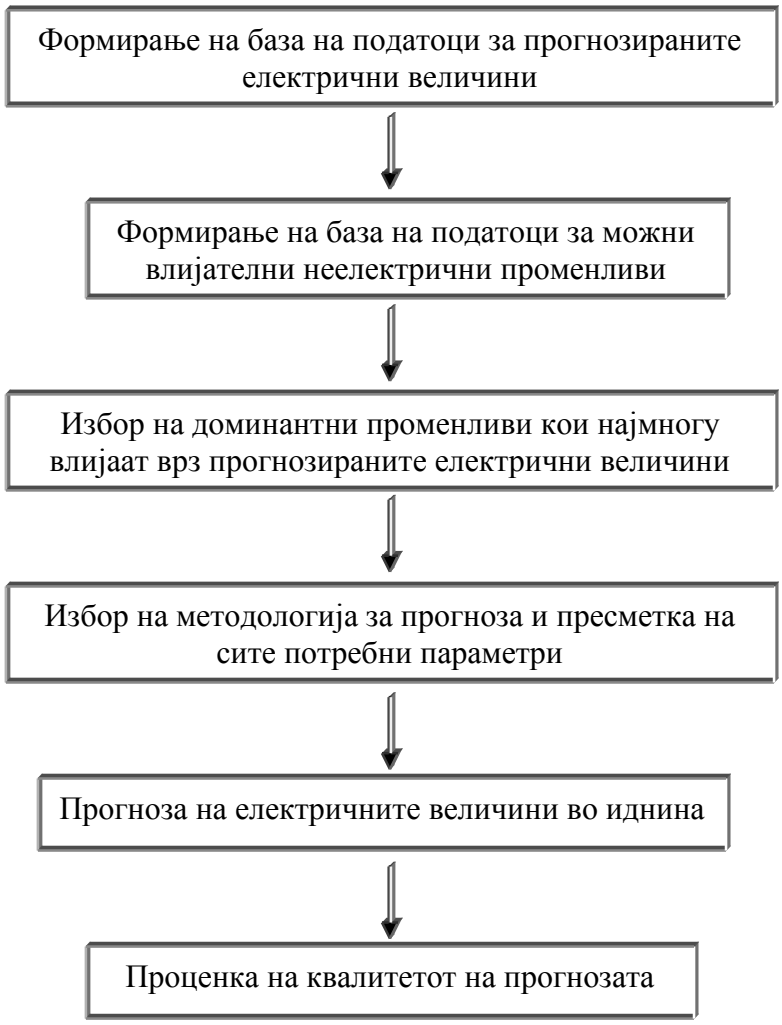
Долгорочното планирање се врши за период од 5 до 30 години со основен временски интервал од една година. **Среднорочното** планирање е со временски хоризонт од една до пет години со основен временски интервал од еден месец или една седмица.

Екстраполационите методи ги користат единствено податоците за остварени и прогнозирани електрични величини (потрошувачка на електрична енергија, вршни или минимални моќности). **Корелационите** методи ги прогнозираат електричните

величини врз основа на одредени неелектрични показатели (варијабли) кои имаат значајно влијание врз прогнозираната величина т.е. покажуваат висок степен на корелација со нив. **Комбинираните** методи се користат кога прогнозираната величина се дели на компоненти, па една компонента се прогнозира со екстраполациони методи, а друга со корелациони методи.

Според третманот на факторите на несигурност, кај **детерминистичките** методи не фигурираат случајни променливи, туку прогнозираните електрични величини се опишуваат со една вредност во секој интервал во иднина. Кај **пробабилистичките** методи со воведување на случајни променливи и теоријата на веројатност се добива множество на прогнозирани величини во секој интервал при што за секоја величина одговара одредена веројатност за појавување.

Без оглед на тоа која методологија ќе се користи, постапката за планирање на развојот на потрошувачката на електрична енергија може да се подели во неколку чекори кои се заеднички за повеќето методи (сл.3.1.):



Сл. 3.1. Основни фази на планирањето на потрошувачката на електрична енергија

3.1. Планирање на потрошувачката на електрична енергија

Основно прашање кое се поставува при планирањето на потрошувачката на електрична енергија е дали да се врши прогноза на вкупната потрошувачка за целиот (под)систем, или вкупната потрошувачка да се разложи на неколку типични компоненти, да се направи прогноза за секоја компонента посебно и на крајот да се обединат сите прогнози во една целина. Не постои единствен одговор на таа дилема. Во поедини случаи е попогодна првата процедура, додека во други (особено кога се работи за подетални анализи) се користи разложување на потрошувачката по компоненти. Во зависност од тоа кој пристап ќе се примени, различни се и методологиите кои се користат:

1. Планирање на развој на вкупната потрошувачка се врши со примена на екстраполациони и корелациони методи. При тоа, екстраполационите методи се користат за погруби проценки на идните потреби од електрична енергија, додека поприфатлива е примената на корелационите методи. Во случај кога како неелектрични величини при планирањето се користат економски показатели, овие методи се нарекуваат **економетриски** методи.

2. Планирањето на развојот на поедини компоненти на потрошувачката на електрична енергија во основа ги користи претходните две методи при што:

- При планирање на потрошувачката на електрична енергија кај домаќинствата најчесто се користи **метод на заситување со апарати**. Основа на методот е поделба на сите електрични апарати на групи (пр. апарати за загревање на простории, апарати за ладење, апарати за подготовка на храна и т.н.) и анализа на секоја група посебно. При тоа, за секоја група се врши анализа на три показатели: **1.** Ниво на заситување со апарати, што претставува релативен број на електрични апарати по домаќинство во посматраниот стамбен регион; **2.** Просечна годишна потрошувачка на електрична енергија по апарат; **3.** Вкупен број на домаќинства во посматраниот регион. Со примена на екстраполациони методи врз овие три фактори се добиваат нивните прогнозирани вредности во иднина, за да потоа се добијат и вкупните идни потреби на електрична енергија на посматраните домаќинства.

- За планирање на потрошувачката кај услужните дејности се користат слични методи како и кај домаќинствата, со тоа што сега се зборува за **метод на крајни корисници**. Основна разлика во однос на претходниот метод на заситување со уреди е што сега, наместо групирање на електричните апарати, како база за прогноза, се користи т.н. "кориснички простор". На пример, ако се работи за деловен простор, како показатели се користат: 1. Вкупна површина на деловниот простор [m^2]; 2. Просечна специфична годишна потрошувачка на електрична енергија по единица површина за главните потрошувачи (греење, ладење, осветление) [kWh/m^2] . Со екстраполација на

овие показатели во иднина се доаѓа до прогнозираните потреби од електрична енергија на разгледуваната услужна дејност.

➢ Планирање на потрошувачката на електрична енергија во индустрија е најтешко со оглед на тоа што индустриската потрошувачка е тесно поврзана со развојот на целокупната економија. Пожелна е употреба на систем на корелациони методи. Поедноставните екстраполациони методи го користат податокот за нивото на производство во одредена индустриска гранка и прогнозирана просечна потрошувачка на електрична енергија по единица производ.

Како што е веќе напоменато, планирањето на развој на потрошувачката на електрична енергија е неопходен предуслов при планирање на развој на производни капацитети. Бидејќи тогаш целиот ЕЕС се посматра како една точка со сконцентрирано производство и потрошувачка, во пракса најчесто се користат долгорочни екстраполациони и корелациони методи.

3.1.1. Долгорочна екстраполациона методологија

Оваа методологија ги користи единствено податоците за остварена потрошувачка на електрична енергија во минатото. Може да биде од детерминистички и пробабилистички карактер во зависност од тоа дали факторите на несигурност кои се однесуваат на потрошувачката се земени предвид или не.

3.1.1.1. **Детерминистичка метода**

Суштината на оваа метода се состои во анализа на временскиот тек на потрошувачката на електрична енергија во минатото и претпоставката дека таа потрошувачка ќе се развива на ист начин и во иднина. Со други зборови, врз основа на хронолошката низа на податоци за остварена потрошувачка во минатото, се доаѓа до одредена функционална зависност на потрошувачката од времето, која потоа се екстраполира во иднина како би се добиле потребните прогнози. Врз основа на долгогодишно искуство, најчесто се користат следните зависности:

1. **Експоненцијална крива**

$$W_t = a \cdot e^{b \cdot t} \tag{3.1}$$

2. **Логаритамска права**

$$\log W_t = a + b \cdot t \tag{3.2}$$

3. **Логаритамска парабола**

$$\log W_t = a + b \cdot t + c \cdot t^2 \tag{3.3}$$

4. **Логистичка крива**

$$\log W_t = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot t}} \tag{3.4}$$

Постапката за одредување на непознатите коефициенти ***a, b, c*** во (3.1) – (3.4) е прикажана врз примерот на методите на логаритамска права и логаритамска парабола.

а) Логаритамска права

Предвидувањето по логаритамска права се темели на претпоставката дека зголемувањето на потребите од енергија во иднина ќе се одвива со исто темпо кое е остварено во минатото. Математичкиот облик на логаритамската права е :

$$\log W_t = a + b \cdot t \tag{3.5}$$

W_t - прогнозирана потрошувачка на ел. енергија во годината t (kWh)

t - број на години после почетната разгледувана година

a, b - константи

Се работи, всушност, за експоненцијален пораст бидејќи изразот (3.5) може да се напише во облик :

$$W_t = W_0 (1 + p)^t \tag{3.6}$$

при што $a = \log W_0$, $b = \log (1+p)$ (3.7)

W_0 - потрошувачка на ел. енергија во почетната година (kWh)

p - годишен пораст на потрошувачката на ел. енергија (r.e.)

За да се прогнозира потрошувачката на електрична енергија во иднина врз основа на потрошувачката остварена во минатото потребно е константите ***a*** и ***b*** да се одредат со помош на методата на најмали квадрати. Таа го минимизира квадратот на разликата помеѓу потрошувачката добиена според методата на логаритамска права и вистински остварената потрошувачка за низа години во минатото. За таа цел се формира функција ***F(a,b)*** која треба да се минимизира :

$$F(a,b) = \sum_{t=1}^{d} (a + b \cdot t - \log W_t)^2 \rightarrow \min \tag{3.8}$$

W_t - остварена потрошувачка во годината t (kWh)

d - број на години во минатото кои се земаат предвид

Минимумот на функцијата ***F*** се добива од условот парцијалните изводи по константите ***a*** и ***b*** да бидат нула т.е. од релациите :

$$\frac{\partial}{\partial}\frac{F}{a} = \sum_{t=1}^{d}(a + b \cdot t - \log W_t) = 0 \tag{3.9}$$

$$\frac{\partial}{\partial}\frac{F}{b} = \sum_{t=1}^{d}(a + b \cdot t - \log W_t) \cdot t = 0 \tag{3.10}$$

После средувањето се добиваат две равенки со две непознати од каде се пресметуваат константите ***a*** и ***b*** :

$$a \cdot d + b \cdot \sum_{t=1}^{d} t - \sum_{t=1}^{d} \log W_t = 0 \tag{3.11}$$

$$a \cdot \sum_{t=1}^{d} t + b \cdot \sum_{t=1}^{d} t^2 - \sum_{t=1}^{d} t \cdot \log W_t = 0 \tag{3.12}$$

б) Логаритамска парабола

Досегашните искуства покажуваат дека годишниот пораст на потрошувачката на електрична енергија не е константен, туку се менува на тој начин што, со зголемување на потрошувачката, порастот постепено се намалува. Таквиот развој на потребите од електрична енергија може добро да се опише со логаритамска парабола чиј математички облик е :

$$\log W_t = a + b \cdot t + c \cdot t^2 \tag{3.13}$$

W_t - прогнозирана потрошувачка во годината ***t***

t - број на години после почетната разгледувана година

a, b, c - константи

Константите ***a, b, c*** , како и кај претходната метода, се одредуваат од податоците за остварената потрошувачка во минатото со примена на методата на најмали квадрати :

$$F(a,b,c) = \sum_{t=1}^{d}(a + b \cdot t + c \cdot t^2 - \log W_t)^2 \rightarrow \min \tag{3.14}$$

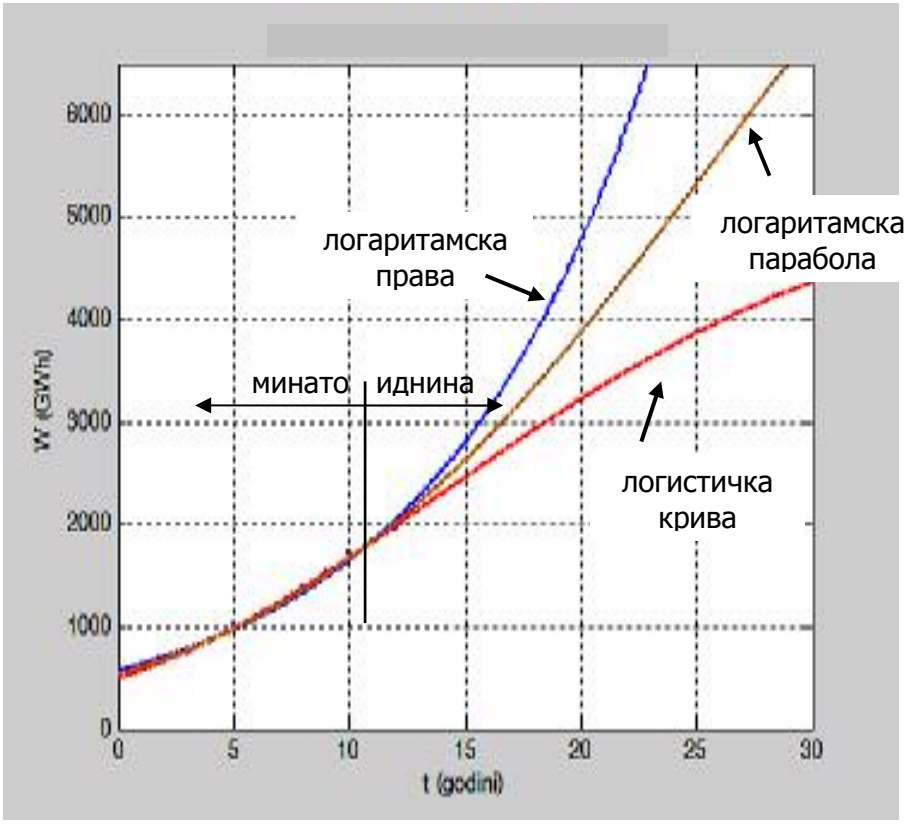
Парцијалните изводи по ***a, b, c*** и нивното изедначување со нула ги даваат трите равенки од кои се одредуваат и трите споменати константи :

$$a\sum_{t=1}^{d} t^2 + b\sum_{t=1}^{d} t^3 + c\sum_{t=1}^{d} t^4 = \sum_{t=1}^{d} t^2 \cdot \log W_t \tag{3.15}$$

$$a\sum_{t=1}^{d} t + b\sum_{t=1}^{d} t^2 + c\sum_{t=1}^{d} t^3 = \sum_{t=1}^{d} t \cdot \log W_t \tag{3.16}$$

$$a \cdot d + b\sum_{t=1}^{d} t + c\sum_{t=1}^{d} t^2 = \sum_{t=1}^{d} \log W_t \tag{3.17}$$

За илустрација и споредба на прикажаните методи, даден е пример (сл. 3.2) на прогнозирана потрошувачката на електрична енергија во наредните 20 години врз основа на познати податоци за остварена потрошувачка во претходни 12 години (табела 1) со користење на три методи: логаритамска права, логаритамска парабола и логистичка крива.



Сл. 3.2. Прогнозирани потреби од електрична енергија со помош на екстраполациони методи

Таб. 1

t (год.)	**W** (GWh)
1	**589**
2	**671**
3	**751**
4	**859**
5	**1014**
6	**1100**
7	**1209**
8	**1378**
9	**1539**
10	**1721**
11	**1832**
12	**1968**

3.1.2. Долгорочна корелациона методологија

Планирањето на идната потрошувачка на електрична енергија кај оваа методологија се врши врз основа на промената на одреден број на неелектрични величини во иднина. Заради тоа, сега е потребна знатно пообемна база на податоци отколку во случај на екстраполационите методи. Покрај хронолошките податоци за остварена потрошувачка на електрична енергија, потребни се и податоци за сите неелектрични величини за кои се смета дека ќе влијаат врз идната потрошувачка на електрична енергија. И тука се разликува детерминистички и пробабилистички пристап во зависност од тоа како се третирани факторите на несигурност.

3.1.2.1. **Детерминистичка метода**

Алгоритмот на долгорочна корелациона детерминистичка метода за планирање на потрошувачка на електрична енергија е даден на сл. 3.3:

Сл. 3.3. Алгоритам на корелациона методологија за планирање на потрошувачка на електрична енергија

Изборот на неелектрични величини со кои треба да се опише потрошувачката на електрична енергија е важен и истовремено осетлив чекор. Кога се работи за планирање на вкупната потрошувачка на електрична енергија најчесто се користат макроекономски показатели како што се: бруто национален доход, ниво на

индустриско производство, ниво на инвестициони вложувања, цена на електрична енергија, број на жители и др. Ако се врши разложување на потрошувачката на компоненти, тогаш е потребно користење на дополнителни неелектрични променливи кои се типични за посматраната категорија на потрошувачи. Во поглед на изборот на функционална зависност помеѓу потрошувачката на електрична енергија и избраните неелектрични променливи, најчесто се користи линеарна форма (3.18):

$$W_t = a_0 + \sum_{k=1}^{L} a_k \cdot x_{k,t} \quad ; \quad t = 1, 2, ..., N \tag{3.18}$$

каде: $\boldsymbol{W_t}$ - потрошувачка на електрична енергија [GWh] или специфична потрошувачка по на пр. жител, домаќинство, единица индустриски производ;

$\boldsymbol{a_0}$ **,** $\boldsymbol{a_к}$ - коефициенти на линеарната зависност;

$\boldsymbol{x_{k,t}}$ – вредност на **к** – та неелектрична големина во моментот $\boldsymbol{t}$;

$\boldsymbol{L}$ - вкупен број на неелектрични големини.

3.2. Планирање на развој на вршни (минимални) моќности

Кога е завршена процедурата за планирање на идната потрошувачка на електрична енергија, обично е потребно да се премине на следниот чекор кој се однесува на прогноза на вршните (минимални) моќности. Можни се два пристапа: прогнозата на моќностите да се врши врз основа на претходно добиени прогнози за потрошувачка на електрична енергија или прогнозата на вршните оптоварувања во иднина да се врши независно. Обично, при планирање на развој на производни капацитети се користи првиот пристап, а при планирање на развој на преносни капацитети повеќе се користи директна прогноза на вршните моќности.

И тука се користат, во принцип, истите методи како и кај планирањето на потрошувачката на електрична енергија. Но, кај корелационите методи постои разлика бидејќи прогнозата на вршните моќности не се врзува со социјални, економски или демографски фактори, туку со одредени временски променливи (пр. температура, влажност, брзина на ветер).

3.3. Планирање на развој на крива на траење на оптоварување

Планирање на развој на крива на траење на оптоварување е неопходно при планирањето на развој на производни капацитети. За таа цел е потребна многу обемна база на податоци во која треба да бидат содржани дискретни парови на податоци за остварени моќности во сите основни временски интервали (седмица или месец) за сите години во минатото кои се анализираат. Во пракса се среќаваат два пристапа: **1.** Непроменлива кривата на траење на оптоварување; **2.** Променлива кривата на траење на оптоварување. Првиот пристап се заснова на претпоставката дека во иднина нема да се промени структурата на потрошувачите така да може да се усвои дека кривата на траење на оптоварување ќе остане непроменета во текот на целиот период на планирање. Тогаш е потребно да се избере една карактеристична година во минатото и за неа да се конструираат криви на траење на оптоварување за сите основни интервали (седмица или месец). Така добиените криви се нормализираат и на крајот се апроксимираат со одредена функционална зависност (полином од петти степен како што е прикажано во точка 2.2.2).