

ESTIMATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION

Tomáš Řehořek

Bachelor Degree Programme, (3), FEEC BUT

E-mail: xrehor06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Paar

E-mail: paar@feec.vutbr.cz

Abstract: The article deals with simple estimation of electricity consumption. There are three different methods of estimations mentioned in the article, they differ among each other by the amount of required inputs, availability of these inputs and accuracy of resultant estimations. The first two methods are based on the amount of consumption per capita. The third method is based on the parameters of components used to supply the investigated area. The article contains the comparison between the estimated consumption a real measured consumption.

Keywords: electricity consumption, estimation, estimation method

1 ÚVOD

Způsoby odhadu spotřeby, uvedené v tomto článku, slouží jako pomůcka pro studenty studující energetiku, která jim poskytne rámcovou představu o množství spotřebované energie vybranou oblastí, na základě malého počtu požadovaných vstupních informací. Odhad spotřeby dané oblasti je možný provést několika způsoby, které se mezi sebou liší svojí přesností a množstvím požadovaných vstupů.

2 ODHAD SPOTŘEBY

2.1 ODHAD SPOTŘEBY VYCHÁZEJÍCÍ ZE SPOTŘEBY NA OBYVATELE, PRVNÍ METODA

Prvním, velmi jednoduchým způsobem, je provedení odhadu spotřeby na základě počtu obyvatel v dané obci. Pro tuto metodu odhadu je potřeba znát počet obyvatel žijících v dané oblasti a spotřebu na obyvatele. Počet obyvatel je určen z dat Českého statistického úřadu [1], spotřeba na obyvatele vychází z dat Roční zprávy o provozu ES ČR [1]. V této zprávě je uvedeno množství spotřebované elektrické energie podle jednotlivých kategorií spotřeb. Tyto kategorie jsou čtyři, a to velkoodběr z hladiny velmi vysokého napětí (VO z VVN), velkoodběr z hladiny vysokého napětí (VO z VN), maloodběr podnikatelé (MOP) a maloodběr obyvatelstvo (MOO). První způsob odhadu vychází pouze z množství spotřebované energie spadající do kategorie MOO, tedy pouze energie spotřebované domácnostmi, která za rok 2018 činí 15 049 535,6 MWh [1]. Pro určení spotřeby na jednoho obyvatele je tato hodnota podělena počtem obyvatel ČR (1). Hodnota spotřeby na jednoho obyvatele je následně vynásobena počtem obyvatel dané obce (2).

$$E_{obyvatel} = \frac{E_{MOO}}{\text{poč. obyvatel ČR}} = \frac{15\,049\,535,6 \cdot 10^6}{10\,681\,161} = 1,409 \text{ MWh} \quad (1)$$

Odhadovaná spotřeba, například pro obec Moravany:

$$E_{odhad} = E_{obyvatel} \cdot \text{počet obyvatel} = 1,409 \cdot 10^6 \cdot 2\,900 = 4,09 \text{ GWh} \quad (2)$$

Takto je proveden odhad u měst a obcí, u kterých jsou známy reálné hodnoty spotřeby. Tyto hodnoty jsou získány z [2]. Reálné a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce:

Obec	Počet obyvatel	Změřená roční spotřeba	Odhad spotřeby	Procentní odchylka
[-]	[-]	[GWh]	[GWh]	[%]
Boskovštejn	153	0,455	0,216	52,5
Tučapy	258	0,619	0,364	41,2
Říčky	372	0,648	0,524	19,1
Rajnochovice	514	1,517	0,724	52,3
Česká	995	1,985	1,402	28,4
Zlechov	1 700	3,084	2,395	22,3
Moravany	2 900	4,608	4,09	11,2
Hustopeče	5 900	16,77	8,31	50,4
Velké Meziříčí	11 400	43,86	16,06	63,4
Uherské Hradiště	25 000	136,81	35,22	74,3
Zlín	74 000	380,41	104,26	72,6
Brno	380 000	1278,27	535,41	58,1

Tabulka 1: Odhad spotřeby vycházející ze spotřeby na obyvatele, první metoda

Procentní odchylka od reálné hodnoty, například pro obec Moravany:

$$Odchylka = \frac{E_{real} - E_{odhad}}{E_{real}} \cdot 100 = \frac{4,608 \cdot 10^6 - 4,09 \cdot 10^6}{4,608 \cdot 10^6} \cdot 100 = 11,2 \% \quad (3)$$

Největší nevýhodou této metody je nezahrnutí spotřeby průmyslu, tj. odběru z hladiny VN a VVN. U malých obcí, kde většinou není velké množství průmyslových objektů, tudíž zde není velké množství odběratelů z VN či VVN, se toto zanedbání projevuje v menší míře než u velkých měst, kde vlivem většího počtu odběrů z vyšších hladin napětí dochází k velké odchylce od reálné hodnoty.

2.2 ODHAD SPOTŘEBY VYCHÁZEJÍCÍ ZE SPOTŘEBY NA OBYVATELE, DRUHÁ METODA

Zpřesnění odhadů je dosaženo rozdělením obcí a měst na dvě skupiny, a to obce s malým počtem obyvatel a města s velkým počtem obyvatel. Hranice rozdělující měřené obce je stanovena odhadem na 10 000 obyvatel. Výpočet je pro obě skupiny principiálně stejný jako u první metody. Jediný rozdíl spočívá v množství spotřebované energie, ze které se při určení spotřeby na obyvatele vychází.

Odhad pro první skupinu obcí vychází ze spotřeby spadající do kategorie MOO a MOP. U druhé skupiny obcí se vychází z celkové spotřeby energie, tzn. jsou zahrnuty všechny kategorie spotřeby, což má za cíl korigovat nepřesnost odhadu pro velká města. Přepočítání spotřeby na jednoho obyvatele je pak principiálně stejné jako v (1). Výsledný odhad je opět získán vynásobením spotřeb na obyvatele, počtem obyvatel dané obce (5), (7). Porovnání reálných hodnot a hodnot vypočtených druhou metodou jsou uvedeny v tabulce níže.

Pro obce do 10 000 obyvatel platí:

$$E_{obytel} = \frac{E_{MOO} + E_{MOP}}{\text{poč. obyvatel ČR}} = \frac{15\,049\,535,6 \cdot 10^6 + 8\,063\,973,8 \cdot 10^6}{10\,681\,161} = 2,164 \text{ MWh} \quad (4)$$

Odhadovaná spotřeba, například pro obec Moravany:

$$E_{odhad} = E_{obytel} \cdot \text{počet obyvatel} = 2,164 \cdot 10^6 \cdot 2900 = 6,275 \text{ GWh} \quad (5)$$

Pro obce nad 10 000 obyvatel platí:

$$E_{obyvatel} = \frac{E_{celková}}{\text{poč. obyvatel ČR}} = \frac{55\,637\,976 \cdot 10^6}{10\,681\,161} = 5,209 \text{ MWh} \quad (6)$$

Odhadovaná spotřeba, například pro město Zlín:

$$E_{odhad} = E_{obyvatel} \cdot \text{počet obyvatel} = 5,209 \cdot 10^6 \cdot 11\,400 = 59,382 \text{ GWh} \quad (7)$$

Obec	Počet obyvatel	Změřená roční spotřeba	Odhad spotřeby	Procentní odchylka
[-]	[-]	[GWh]	[GWh]	[%]
Boskovštejn	153	0,455	0,331	27,3
Tučapy	258	0,619	0,558	9,9
Říčky	372	0,648	0,805	-24,2
Rajnochovice	514	1,517	1,112	26,7
Česká	995	1,985	2,153	-8,5
Zlechov	1 700	3,084	3,679	-19,3
Moravany	2 900	4,608	6,275	-36,2
Hustopeče	5 900	16,77	12,77	23,9
Velké Meziříčí	11 400	43,86	59,38	-35,4
Uherské Hradiště	25 000	136,81	130,22	4,8
Zlín	74 000	380,41	385,46	-1,3
Brno	380 000	1278,27	1 979,41	-54,9

Tabulka 2: Odhad spotřeby vycházející ze spotřeby na obyvatele, druhá metoda

Z hodnot procentní odchylky od reálných hodnot je patrné, že odhad je stále relativně nepřesný, ovšem právě u měst s větším počtem obyvatel dochází k jeho výraznému zpřesnění, a to u všech měst kromě města Brna, u kterého nastalo pouze malé zlepšení. V průměru dochází k zpřesnění o 39,69 %. U menších obcí se pak zařazením odběru spadajícího do kategorie MOP odhad zlepšil u všech obcí kromě dvou, kde se naopak odchylka od reálné hodnoty zvýšila. V průměru však došlo ke zlepšení odhadů o 10,74 %.

2.3 ODHAD SPOTŘEBY NA ZÁKLADĚ POUŽITÝCH KOMPONENT

Třetí metoda odhadu vychází z parametrů komponent použitých v síti. Principem metody je určení spotřeby z výkonů transformátorů napájející danou oblast. Postup při odhadu je následovný:

Odhad vychází z celkového jmenovitého výkonu transformátorů napájejících danou obec (8). Pro výpočet spotřeby je zapotřebí převést zdánlivý výkon z (8) na výkon činný. Podle [4] můžeme účinník odběru MOO a MOP uvažovat 0,98 (pokud není změřena jiná hodnota). Takto spočtený výkon představuje maximální možnou hodnotu dodávaného činného výkonu. Při odhadu musí být bráno v potaz, že vlivem nutnosti zahušťování sítě (zkracování vývodů) a zvyšování spolehlivosti dodávky, se pro napájení oblastí používá více transformátorů, pracujících pouze na část svého nominálního výkonu. Dodávaný výkon transformátory je zároveň během roku proměnný, vlivem menších či větších zatížení v různých ročních obdobích. Pro účely odhadu vyjdeme z grafu průměrného zatížení transformátorů v síti během roku uvedeného v [3], který byl vytvořen na základě měření na 71 distribučních transformátorech. Zatížení měřených transformátorů se pohybuje mezi 10 % až 16 %, pro účely odhadu tak můžeme určit průměrné zatížení 13 %. Odhad je určen jako 13 % výkonu vypočítaného v (9). Tento výkon je následně převeden na energii, vynásobením časovým úsekem, pro který chceme

znát spotřebu (11). Odhad je proveden pouze pro obec Moravany, jelikož je to jediná obec, u které byly dostupné informace o reálné hodnotě spotřeby a zároveň jsou známy počty a jmenovité výkony transformátorů napájejících tuto obec. Konkrétně se jedná o pět transformátorů o jmenovitém výkonu 630 kVA, dva transformátory o výkonu 400 kVA a jeden transformátor o výkonu 250 kVA.

Celkový zdánlivý výkon transformátorů napájejících obci:

$$S_{celkem} = 5 \cdot 630 \cdot 10^3 + 2 \cdot 400 \cdot 10^3 + 250 = 4200 \text{ MVA} \quad (8)$$

Celkový činný výkon:

$$P_{celkem} = S_{celkem} \cdot \cos\varphi = 4200 \cdot 10^6 \cdot 0,98 = 4116 \text{ MW} \quad (9)$$

Přepočet podle předpokládaného zatížení:

$$P_{real} = P_{celkem} \cdot 0,13 = 4116 \cdot 10^6 \cdot 0,13 = 535,08 \text{ MW} \quad (10)$$

Pro určení spotřeby za rok, pak hodnotu P_{real} vynásobíme počtem hodin v roce:

$$E_{odhad} = P_{real} \cdot 8760 = 535,08 \cdot 10^6 \cdot 8760 = 4,687 \text{ GWh} \quad (11)$$

Odhad spotřeby za rok tedy činí 4,687 GWh, což se od reálné hodnoty (4,608 GWh) liší pouze o 1,71 %.

3 ZÁVĚR

Článek představuje tři různé jednoduché metody odhadu spotřeby, jejichž účelem je sloužit jako pomůcka pro studenty studující energetiku, která jim poskytne rámcovou představu o množství spotřebované energie vybranou oblastí. První uvedená metoda dosahuje průměrné odchylky 45,46 %. Tato velká odchylka je způsobena především vlivem zanedbání odběrů z vyšších napěťových hladin. Zanedbání má největší vliv na odchylku zvláště u velkých měst. Druhá představená metoda řeší tento problém zohledněním všech kategorií spotřeb. Tím dochází k zpřesnění odhadu, v průměru je odchylka 24,67 %. Z hodnot průměrných odchylek je patrné, že první metoda je velmi nepřesná a pro účely odhadu tak nevhodná. Druhá metoda dosahuje lepší přesnosti, s výjimkou města Brna, u kterého dochází pouze k mírnému zlepšení. Tato metoda je tedy dostatečně přesná pro obce a města, s výjimkou velmi velkých měst. Výhodou obou metod je nenáročnost z hlediska dostupnosti vstupních informací. Třetí metoda odhadu vychází z použitých komponent, konkrétně transformátorů napájející danou obec. Takto je odhad proveden pouze pro obec Moravany. Z odchylky od reálné hodnoty je patrné, že tato metoda dosahuje výrazně větší přesnosti než metody předchozí. Odhad třetí metodou je připravován i pro další obce, ovšem v současné době data potřebná pro toto vyhodnocení nejsou k dispozici.

REFERENCE

- [1] Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2019. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2019 [cit. 2020-03-06]. <https://www.czso.cz/documents/10180/91917344/13007219.pdf>
- [2] Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2018. In: *Energetický regulační úřad* [online]. Praha: ERÚ, 2019 [cit. 2019-11-17]. <https://www.eru.cz/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy>
- [3] ŠÁCHA, Tomáš. Grafický popis elektroenergetického systému ve vybraných oblastech. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2019, s. 46.
- [4] SOUČEK, Jan. Statistická analýza dat z měření v DTS. In: *16. Konference ČK Cired*. ČK CIRED, 2012, s. 10.
- [5] Koncepce sítě nízkého napětí 0,4 kV, E.ON Distribuce, 2019.