

Aplikace vícekriteriálního rozhodování v elektroenergetice

Petr Korviny

Katedra elektroenergetiky, FEI, VŠB - Technická Univerzita Ostrava,
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba
korviny@opf.slu.cz

Abstrakt. Příspěvek se zabývá modernizací stávajících distribučních trafostanic (DTS) na dálkově ovládané DTS v městských sítích vn. Používáním těchto dálkově ovládaných prvků dochází ke zrychlení manipulací, zkrácení doby poruchy a také ke zvýšení tržeb za dodávku elektrické energie. Problematikou při nasazování DTS je nalezení vhodných lokalit - alternativ, kdy musíme vzít do úvahy celou řadu faktorů - kritérií. Při rozhodování o jejich umístění lze s výhodou využít multikriteriální analýzu (MCA).

Klíčová slova: multikriteriální analýza, vícekriteriální, rozhodování, dálkové ovládní, síť vn, distribuční síť vn, vypínače vn

1 Úvod

Požadavky na nepřetržitou a kvalitní dodávku elektrické energie se s postupujícím časem neustále zvyšují. Jedním z prostředků pro zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie v městských kabelových sítích je nasazení automatických dálkově ovládaných distribučních trafostanic (DTS), které přináší především tyto výhody:

- zkrácení doby poruchy v síti,
- zkrácení doby manipulací jak při poruše tak při provozu,
- optimalizace provozu sítě s ohledem na ztráty a stávající konfiguraci sítě,
- zvýšení tržeb za dodávku el. energie,
- komfortnost a bezpečnost obsluhy.

2 Základní pojmy multikriteriální analýzy

Teorie multikriteriálního (vícekriteriálního) rozhodování je založena na matematickém modelování, i když pro zvládnutí základů vícekriteriálních optimalizačních technik je možné vystačit s matematikou velmi jednoduchou.

Rozhodnutím rozumíme vybrání jedné varianty ze seznamu v dané situaci potenciálně realizovatelných variant na základě většího množství kritérií.

V úlohách vícekriteriálního hodnocení variant (ÚVHV) má množina rozhodovacích variant, kterou označme A , konečný počet prvků. Po úvodních úkonech, spočívajících v určení hodnotících kritérií a metody získání kvantitativních údajů o hodnotách těchto kritérií pro jednotlivé rozhodovací varianty, lze ÚVHV charakterizovat tzv. *kriteriální maticí*. V této matici sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Označíme-li prvky kriteriální matice y_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, p$ a $j = 1, 2, \dots, k$, můžeme kriteriální matici zapsat ve tvaru:

$$\begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ a_1 & \left[\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{array} \right. \\ a_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ a_p & & & & \end{matrix} \quad (1)$$

Pokud není výslovně uvedeno jinak, tak se předpokládá, že všechna kritéria v ÚVHV jsou stanovena jako *maximalizační* [1]. Tím se rozumí, že varianta je tím lepší, čím je hodnota kritéria větší.

2.1 Váhy kritérií

Většina metod vícekriteriálního rozhodování vyžaduje informaci o relativní důležitosti jednotlivých kritérií, kterou lze vyjádřit pomocí vektoru vah kritérií:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k); \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1; \quad v_i \geq 0 \quad (2)$$

2.2 Metody MCA

Na základě typu úlohy, která je řešena v rámci tohoto příspěvku, byly zvoleny následující metody jako nejvhodnější pro určení optimálního pořadí modernizace DTS na DO DTS:

- Metoda váženého součtu (WSA - Weighted Sum Approach),
- Metoda ideálních bodů (IPA - Ideal Points Analysis),
- Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),
- Metoda shody a neshody (CDA - Concordance Discordance Analysis).

Z těchto metod pak byla na základě výzkumu [4] vyhodnocena metoda CDA jako nejpřesnější a tudíž i nejvhodnější pro řešení zadané multikriteriální úlohy.

3 Praktická aplikace

Při praktické aplikaci, kdy se rozhodovalo o nasazení dálkově ovládaných DTS v lokalitě města Olomouce bylo v první fázi nutné určit množinu rozhodovacích kritérií a zjistit jejich vzájemnou procentní důležitost (váhy). Následně se zvolila

množina variant (zastaralých DTS určených k náhradě), která byla na základě zvolených kritérií prostřednictvím multikriteriální metody CDA seřazena podle aktuálnosti pro modernizaci.

3.1 Určování vah kritérií

Při určování váhové důležitosti jednotlivých kritérií se autor v praxi setkal s mnoha obtížemi, jejichž důsledky a případná řešení jsou podrobně popsány v [4]. Průzkum zaměřený na získání vah kritérií byl veden v letech 2001 a 2002, kdy se formou dotazníku rozesílaného e-mailem shromažďovala expertní data. Na výzkumu se podílelo celkem 24 odborníků z oblasti elektroenergetiky, převážně zaměstnanců akciové společnosti Severomoravská energetika. Velikost skupiny expertů zajišťovala dostatečný statistický vzorek pro objektivní hodnocení důležitosti kritérií a jejich výběr předpokládal zkušenosti a znalost řešené problematiky.

Obdržené hodnoty byly statisticky zpracovány programem MCA7 (viz. kapitola 4), který eliminoval tzv. odlehlá pozorování pomocí *mediánové souřadnice*:

$$\frac{x_i - med}{1,483 \cdot MAD} > 3 \quad (3)$$

kde: MAD – medián absolutních odchylek od mediánu daného souboru,
 med – medián souboru prvků,
 x_i – zkoumaný prvek souboru prvků.

Původně zadaná množina kritérií obsahovala jedenáct položek:

1. Nezbytnost manipulací při hledání poruch
2. Počet manipulací při poruše
3. Počet provozních manipulací
4. Vzdálenost od stanoviště poruchové služby
5. Nedodaná energie při výpadku
6. Nedostupnost, resp. dostupnost
7. Zatížení linky v místě DTS
8. Návratnost vynaložené investice
9. Stav DTS
10. Počet vývodů vn v DTS
11. Nutnost manipulace při změně konfigurace sítě

Po vyhodnocení expertních dat a odstranění kritérií s ohledem na jejich praktickou nedosažitelnost se konečné rozhodování provádělo na základě 5-ti prvkové množiny kritérií (viz. tabulka 1).

Při výpočtu a seřazení variant metodou CDA byly použity hodnoty kritérií určené přímo experty, a to vzhledem k určitým nedostatkům Fullerovy metody (viz. [1], [2]).

Tabulka 1. Konečný seznam vah kritérií

Číslo kritéria	Kritéria	Váhy kritérií [%]	
		přímý odhad	Fullerova metoda
1	Využitelnost DTS při řízení sítí	22,20	23,75
2	Důležitost DTS	30,58	34,70
3	Dostupnost DTS	16,02	13,36
4	Cena modernizace DTS	15,76	11,66
5	Počet ovládaných vývodů vn	15,43	16,51

3.2 Určení vstupní kritériální matice a výpočet

V průběhu roku 2003 plánuje SME a.s. přezbrojování vybraných DTS ve městě Olomouci na dálkově ovládané distribuční trafostanice. Obsahem praktické části multikritériální úlohy byl mimo jiné výpočet a seřazení vybrané množiny DTS a výsledkem je seznam stávajících distribučních trafostanic, seřazených dle výhodnosti pro modernizaci na DO DTS (tabulka 2).

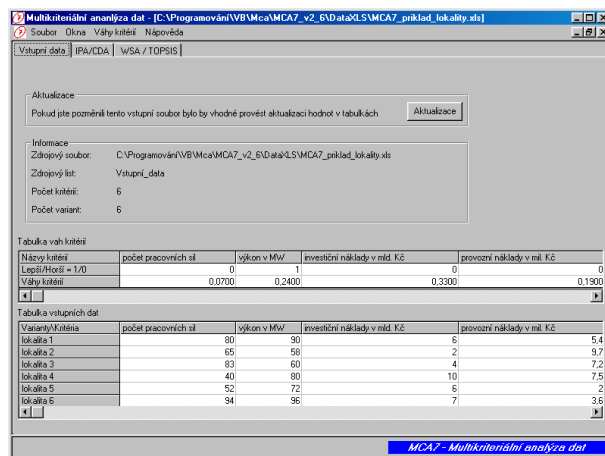
Tabulka 2. Výpočet a seřazení metodou CDA

Pořadí	Distribuční trafostanice	CDA
1	DTS 3	4,804
2	DTS 5	5,789
3	DTS 6	6,579
4	DTS 8	6,579
5	DTS 11	7,211
6	DTS 9	7,263
7	DTS 2	7,263
8	DTS 4	7,366
9	DTS 7	7,573
10	DTS 10	7,712
11	DTS 1	9,464

Vzhledem k citlivosti zde prezentovaných dat autor nemohl uvádět přímo konkrétní názvy a identifikační čísla jednotlivých distribučních trafostanic, místo toho jsou jednotlivé DTS označovány zástupnými jmény **DTS 1** až **DTS 11**.

4 Program MCA7

Jak je patrné z předcházejícího popisu vícekritériálních metod, jejich pracnost je přímo předurčuje pro řešení pomocí výpočetní techniky. Z uvedeného důvodu pak autor v rámci dizertační práce vytvořil program MCA7, který umožňuje provádět aplikovaný výpočet některých výše zmíněných metod multikritériální analýzy.



Obr. 1. Náhled okna programu MCA7

Program byl vytvořen v programovacím jazyce MS Visual Basic 6.0 Professional Edition a svým zaměřením je určen pro běžné uživatele výpočetní techniky, jejichž zájmem je, aplikovat rychlým a snadným způsobem výpočetní metody multikritériálního rozhodování na konkrétní příklady.

5 Internet a MCA7

K programu MCA7 a k dizertační práci samotné, v jejímž rámci byl produkt naprogramován, jsou na internetu umístěny stránky <http://mca7.wz.cz>. Na nich lze mj. nalézt soubory s některými teoretickými pasážemi z této publikace a soubor obsahující uživatelskou příručku k programu MCA7 pro řešení vícekritériálních úloh. Rovněž jsou zde, bez nároku na aktuálnost, uvedeny některé odkazy na cizí stránky, věnované vědní disciplíně vícekritériálního rozhodování.

Část programu MCA7 byla autorem přepsána z jazyka Visual Basic do PHP a umístěna na uvedené stránky s cílem, umožnit širokému spektru uživatelů otestovat si fungování některých vícekritériálních matematických postupů přímo v praxi, aniž by museli mít program MCA7 nainstalován na vlastním počítači.

6 Závěr

Tento příspěvek a tudíž i jeho závěr vychází především z autorovy dizertační práce [4]. V jejím rámci byla vytvořena množina kritérií a vah vhodných pro výpočet pořadí modernizace DTS na DO DTS v kabelových městských sítích vn. Byl vytvořen počítačový program MCA7 pro snadnou aplikaci metod více-kriteriálního rozhodování a použit na konkrétní praktickou úlohu.

Z průběhu řešení dané problematiky vyplynulo několik návrhů a doporučení, jež jsou podrobně rozebrány v [4]. Obecně lze uvést, že zavádění dálkově ovládaných distribučních trafostanic je krok správným směrem pro zvyšování spolehlivosti dodávky elektrické energie. Není to však proces jednoduchý a ani levný a využití možností MCA by mělo usnadnit rozhodování a snížit riziko chybného nasazení dálkově ovládaných prvků.

Na závěr by bylo vhodné uvést, že zmiňovaná dizertační práce může být přínosem nejenom s ohledem na její praktické výstupy (nově určený váhový vektor kritérií, praktická aplikace vícekriteriálního rozhodování, vytvoření programu MCA7, ...), ale i s ohledem na zpracovanou teorii, která tvoří kompaktní celek, jenž lze bez větších úprav použít jako učební oporu pro výuku základů multikriteriální analýzy.

Reference

1. Fiala P., Jablonský J., Maňas M., Vícekriteriální rozhodování, VŠE Praha, 1994
2. Gurecký J., Optimalizace řízení sítí vn dálkově ovládanými úsečnickými, Ostrava 1998, Dizertační práce
3. Jaroš Fr., Pravděpodobnost a statistika, VŠCHT Praha, 1994
4. Korviny P., Aplikace multikriteriální analýzy při nasazování dálkově řízených prvků v distribučních sítích vysokého napětí, Ostrava 2003, Dizertační práce
5. Krejčí P., Řešení spolehlivosti dodávky elektrické energie v oblasti s dálkově ovládanými prvky v sítích vysokého napětí, Ostrava 2001, Dizertační práce
6. Pavlovský B., Elektrické sítě v městech a sídlištích, SNTL Praha, 1975
7. Píšek M., Hanuš F., Rozhodovací analýza, Praha 1994
8. Rataj F., Využití multikriteriální analýzy pro stanovení kritérií v řízení městských sítí, Ostrava 2002, Postgraduální práce

Anotation

This work deals with one of possibilities of the reliability increasing in high-voltage networks by using remote-controlled components. It concerns the introduction of remote-controlled distribution transformer stations (DTS) in town high-voltage networks. The using of this remote-controlled components happens the acceleration of handling times, the shortening of the fault time and also the increase of sales in electrical energy supply.

The problems of the introduction of DTS is the selection of suitable localities - alternatives, where we must take many factors - criteria into account. That is why we use Multi-Criteria Analysis (MCA) at decision-making about their placing.