

OPTIMIZATION OF PARALLEL COMPENSATION IN MV DISTRIBUTION NETWORK

Martin PAAR, Master Degree Programme (5)
Dept. of Electrical Power Engineering, FEEC, BUT
E-mail: xpaarm00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by Dr. Petr Skala

ABSTRACT

This paper describes usability of Genetic algorithm (GA) for solving of optimal distribution of capacitors used in parallel compensation in MV distribution network. GA has low requirements for criterial function and therefore it is suitable to solve such a combinatory problem. An algorithm is looking for minimum expenses spent for network losses and purchasing and operation of capacitors, all of this under certain limitation. Its functionality is shown on an example of power network.

1 ÚVOD

Genetické algoritmy (GA) jsou stochastické optimalizační techniky, jejichž základ spočívá v evolučních zákonitostech. Úspěšně se aplikují v problémech, kde klasické výpočtové metody selhávají nebo se jejich použitím nedosahuje potřebných výsledků. Jedním z těchto problémů je optimalizace velkých celků, kde se musí řešit vícekriteriální kombinatorické problémy. U těchto problémů většinou nelze sestavit vhodnou spojitou kriteriální funkci. To má za následek, že tato funkce není zderivovatelná a tudíž nelze obvyklým způsobem najít optimum. GA klade mnohem menší nároky na kriteriální funkci a spojitost funkce mezi tyto nároky nepatří. Vyžaduje pouze vyčíslitelnost kriteriální funkce pro každé řešení.

Základním principem genetického algoritmu je postupné přizpůsobování řešení okrajovým podmínkám. Jedná se o analogii s přírodou, kde tytéž algoritmy zajišťují adaptaci na okolní prostředí. Nejprve se vytvoří první generace. Generace je vlastně populace jedinců. Každý jedinec reprezentuje jedno řešení. První generace se vygeneruje náhodně nebo nějakým účelným postupem. Abychom zjistili, kteří noví jedinci jsou nejlépe přizpůsobení okolním podmínkám a požadavkům, je nutné provést vyhodnocení. K tomu slouží sestavení tzv. *fitness* funkce, která oceňuje každého nového jedince a vyjadřuje míru splnění požadavků.

Dalším krokem je seřazení jedinců od nejlepšího k nejhoršímu. Následně se využívají různé operátory na vytvoření další generace. Prvním z nich je elitismus, který přímo (beze změn) propouští nejlepší jedince z předchozí generace do následující. Stěžejní operátor je

křížení. Nejdříve se provede výběr rodičů. Jednou z metod výběru rodičů je turnajový výběr, při němž se náhodně vyberou dva jedinci a ten lepší se stává rodičem. Následně se provede křížení, kdy se nový jedinec vytvoří složením z částí genetických informací obou rodičů. Tím jsou vytvářena nová řešení. Toto by nemuselo stačit na prohledání všech řešení, proto se používá dále operátor mutace. Tento operátor provádí malou náhodnou změnu v genetické informaci u některých nově vytvořených jedinců získaných křížením.

Po provedení uvedených procedur získáme další generaci, jejíž jedince opět ohodnotíme. Tento cyklus se opakuje buď do námi stanovené doby, nebo do dosažení stanoveného počtu generací.

2 ŘEŠENÍ ROZMÍSTĚNÍ KONDENZÁTORŮ V ELEKTRICKÉ SÍTI POMOCÍ GENETICKÉHO ALGORITMU

V elektrické síti se provádí kompenzace jalových výkonů z důvodu vylepšení napěťových parametrů v jednotlivých uzlech a snížení ztrát na vedení. Náklady na kompenzační kondenzátory nejsou zanedbatelné a proto je důležité jejich optimální rozmístění.

Za předpokladu, že máme např. 30 uzlovou síť a 9 možných velikostí kapacit kondenzátorů + stav bez kondenzátoru, tak počet možných kombinací dosahuje hodnoty $5,9049 \cdot 10^{14}$. Tato hodnota jasně ukazuje, že by prohledání všech možností trvalo neúměrně dlouho, proto se použití nějaké nekonvenční metody přímo nabízí.

Cílem této práce bylo vytvořit program, který by za pomoci genetického algoritmu našel optimální rozmístění a velikosti kondenzátorů paralelní kompenzace v distribuční síti vn a to v rozumném čase. Za předpokladu konstantního zatížení sítě, byly podmínky kladené na vhodné řešení následující:

- úbytek napětí v uzlech nesmí klesnout pod určenou hranici
- investiční náklady na kondenzátory a náklady na pokrytí ztrát v síti musí být co nejnižší

2.1 PROGRAM

Program byl vytvořen v programovém prostředí Matlab. Zadávání sítě je ve formě M-file-ů. Program spočítá ustálený chod sítě bez kondenzátorů. Po tomto kroku se vytvoří první populace. Jedinec této populace je vektor, který udává rozmístění kondenzátorů. Pozice v tomto vektoru je číslo uzlu, do kterého se kondenzátor vkládá. Hodnota prvku vektoru udává kapacitu tohoto kondenzátoru. První populace je vygenerována čistě náhodně. Pak už začíná cyklus, který se opakuje až do stanoveného počtu generací.

Pro každé řešení se spočítá ustálený chod, ale nyní už s kondenzátory. Z něho obdržíme napětí v uzlech sítě a ztráty v celé síti. Tyto údaje a cena vložených kondenzátorů se projeví ve fitness funkci, jenž je popsána rovnicí (1).

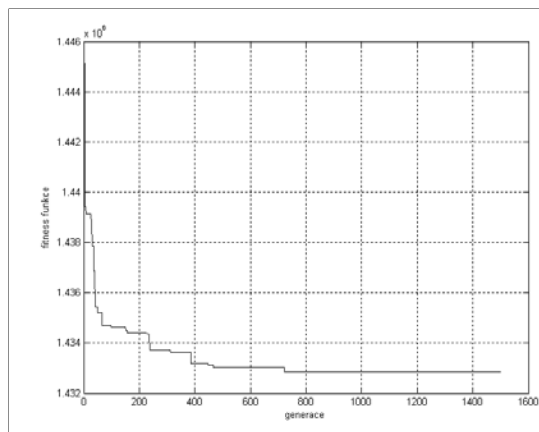
$$fitness = \alpha \cdot n_p + \beta \cdot n_o + \gamma, \quad (1)$$

kde α a β jsou nákladové koeficienty, n_p jsou náklady na provoz, ve kterých se projevují ztráty celé sítě, n_o jsou náklady na investice a provoz kondenzátorů, γ je penalizační koeficient, který penalizuje řešení s nevyhovujícími úbytky napětí.

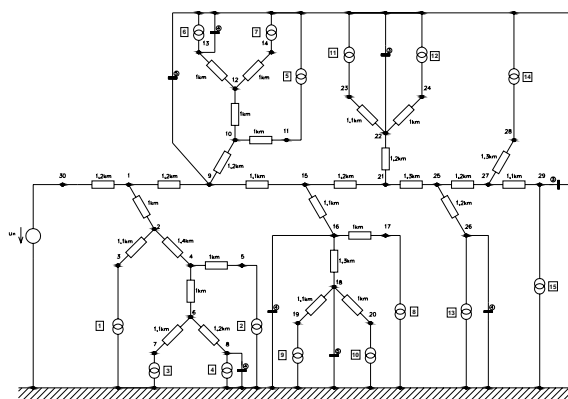
Dál už se postupuje podle postupu uvedeného v úvodu, tj. seřazení jedinců, elitismus, turnaj, křížení a mutace.

2.2 TESTOVANÁ SÍŤ

Testovaná síť byla převzata z [1] a je vidět už zapojená i s nejlepším návrhem řešení na obr. 2. Nastavení programu bylo: Počet členů jedné generace 360 a počet generací 1500. Dobu odpisu kondenzátorů jsem stanovil na 30 let. Na počítači Athlon 2000+ zabral výpočet 8 minut, přitom program stačil projít okolo 500 000 řešení. Vývoj fitness funkce v průběhu generací zobrazuje obr. 1.



Obr. 1: Vývoj fitness funkce



Obr. 2: Schéma sítě

3 ZÁVĚR

Výsledky tohoto příkladu ukazují, že použitím navrhovaného řešení by se za daných předpokladů během 2 let vrátily vložené náklady a během dalších 28 let by se ušetřilo okolo 7 miliónů Kč oproti stávajícímu stavu. Nejlepší řešení bylo nalezeno v 722. generaci.

Mezi nevýhody tohoto programu bych zařadil: předpokládané konstantní zatížení sítě a nezávislost velikosti odběrů na napětích v uzlech.

K výhodám programu i algoritmu se dá zařadit snadné přidávání nových omezení a celková robustnost algoritmu, který je velmi jednoduchý a přitom velmi účinný.

Oproti klasickým metodám řešení těchto problémů se ukazuje, že řešení pomocí genetického algoritmu dosahuje mnohem rychleji uspokojivějších výsledků. Programu stačilo k nalezení vhodného řešení prohledat prostor o velikosti 486 360 řešení, oproti $5.9049 \cdot 10^{14}$, což je 1 miliardtina prostoru všech řešení.

LITERATURA

- [1] Barati, H., Haghjoo, F., Yarali, A.: Application of Genetic Algorithm (Corrected) for Optimum Size and Location of Shunt Capacitors on Radial Distribution System from Customers Point of View as well as that Electric Utilities, 17th International Conference on Electricity Distribution, Barcelona, 12-15 May 2003
- [2] Mařík, V. a kol.: Umělá inteligence 3, Academia Praha, ISBN 80-200-0472-6
- [3] Vybíral, D.: Optimalizace energetické distribuční sítě, Diplomová práce FEI VUT v Brně 1999