



---

**TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE**  
Faculty of Electrical Engineering and Informatics

---



# **Electrical Engineering and Informatics III**

**Proceeding  
of  
the Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
of  
the Technical University of Košice**

**Editor: Dušan Kocur**

**September, 2012**

**Košice, Slovak Republic**

**ISBN 978-80-553-0890-6**

<b>Drawing System Using Virtual-Reality Technologies</b> <i>Tomáš KOŠÍK, František HROZEK, Branislav SOBOTA</i> .....	605
<b>Simple Protection of VoIP Networks Against SPIT Attacks</b> <i>Lukáš LAJOŠ, Jozef JANITOR</i> .....	610
<b>The Role of Digraphs in Modelling Processes</b> <i>Martina LALOVÁ, Valerie NOVITZKÁ</i> .....	614
<b>The Rôle of Designs in Linear Logic</b> <i>Pavol MACKO, Valerie NOVITZKÁ, Viliam SLODIČÁK</i> .....	620
<b>How to Express Denotational Semantics</b> <i>Tomáš MARTINKO, Viliam SLODIČÁK</i> .....	624
<b>Time-Spatial Manipulation about Intrusion Detection System Knowledge</b> <i>Daniel MIHÁLYI</i> .....	630
<b>System for Support of Adaptive Selection of Holiday Destination</b> <i>Zuzana PANČÁKOVÁ, Viliam SLODIČÁK</i> .....	635
<b>The SLA Meter Tool</b> <i>Adrián PEKÁR, Juraj GIERTL, Martin RÉVÉS, Peter FECILAK, Miroslav ANTL</i> .....	641
<b>The Rôle of Abstract Data Types and Abstract Behavior Types</b> <i>Marián POLÁK, Viliam SLODIČÁK</i> .....	647
<b>3D Training Manual with Augmented Reality Technologies</b> <i>Monika RAŠKOVSKÁ, Branislav SOBOTA, Martin VARGA</i> .....	651
<b>Geographical Information Systems and 3D Visualization Technologies</b> <i>Branislav SOBOTA, František HROZEK, Lukáš FEDORKO</i> .....	655
<b>An Instruction Decoder and Disassembler Generator for EmuStudio Platform</b> <i>Matúš SULÍR, Slavomír ŠIMOŇÁK</i> .....	660
<b>Distributed Cloud-Centric System Call Tracing Reputation Based (DCSR) Intrusion Prevention System (IPS)</b> <i>Martin TOMÁŠEK, Marek ČAJKOVSKÝ, Ivan KLIMEK</i> .....	664
<b>Electric Field Influence on Steady Element of Charging Current for High Voltage Insulation Material</b> <i>Roman CIMBALA, Martin GERMAN-SOBEK, Jozef KIRÁLY</i> .....	668
<b>Modely prevádzok vn elektrizačných sústav a ich porovnanie z hľadiska zavlečenia prepätí do nn rozvodov</b> <i>Bystrík DOLNÍK, Dominik SMOLKO</i> .....	674
<b>IRC Analysis of Degraded XLPE Cable</b> <i>Martin GERMAN-SOBEK, Jozef KIRÁLY, Roman CIMBALA</i> .....	679
<b>Konštrukcia modelu veterných elektrární</b> <i>Slavomír HERBERT, Ján TKÁČ</i> .....	685
<b>Využitie SVC na minimalizáciu činných strát v elektrizačnej sústave</b> <i>Roman JAKUBČÁK, Lubomír BEŇA</i> .....	691
<b>Návrh a konštrukcia ovládacej jednotky pre polohovacie zariadenie</b> <i>František JUSKO, Ján TKÁČ</i> .....	695
<b>Transformer Oil Based Ferrofluid From View of i(t) Characteristics</b> <i>Jozef KIRÁLY, Martin GERMAN-SOBEK, Roman CIMBALA</i> .....	701

# Využitie SVC na minimalizáciu činných strát v elektrizačnej sústave

Roman JAKUBČÁK, Lubomír BEŇA

Katedra elektroenergetiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita  
v Košiciach, Slovenská republika

roman.jakubcak@tuke.sk, lubomir.bena@tuke.sk

**Abstrakt** — Tento článok sa zaoberá možnosťou využitia SVC (Static var compensator) v elektrizačnej sústave (ES), so zameraním na zníženie činných strát, ku ktorým dochádza pri prenose výkonu v sieti. Súčasne sa sleduje vplyv SVC na zmenu napätí v jednotlivých uzloch siete. Činné straty je možné znížiť vhodným umiestnením SVC do sústavy s optimálnym nastavením jeho parametrov. Všetky uvedené výpočty boli realizované v programe MATLAB.

**Kľúčové slová** — FACTS, SVC, genetické algoritmy

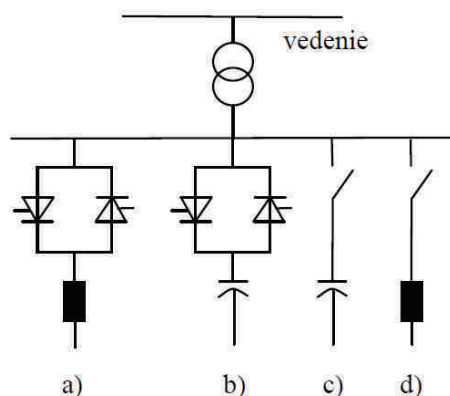
## I. ÚVOD

Reguláciu jalového výkonu je možné zvýšiť napäťovú stabilitu ES a súčasne znížiť straty, ku ktorým dochádza pri prenose výkonu. Za týmto účelom je možné využiť zariadenia FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System). Jedným z týchto zariadení je aj SVC, ktoré umožňuje riadiť jalový výkon v mieste jeho pripojenia, čím je schopný ovplyvniť napätie v danej oblasti.

## II. STATICKÝ KOMPENZÁTOR JALOVÉHO VÝKONU

Statický kompenzátor jalového výkonu (SVC) pozostáva z paralelne zapojeného statického zdroja alebo spotrebiča jalového výkonu, ktorého funkciou je regulovať určité parametre v sústave (najčastejšie je to napätie v uzle). Je to univerzálny názov pre tyristorom riadenú alebo spínanú tlmivku, kondenzátor alebo ich kombináciu [1].

Vo väčšine prípadov sa ako optimálne riešenie javí kombinácia tyristorovo spínaného kondenzátora s tyristorovo riadenou tlmivkou, ktorá poskytuje plynulú zmenu jalového výkonu cez celý riadiaci rozsah. Umožňuje pracovať v induktívnej aj kapacitnej oblasti [5].



Obr. 1 Statický kompenzátor jalového výkonu: a) tyristorom riadená/spínaná tlmivka, b) tyristorom spínaný kondenzátor, c) mechanicky spínaný kondenzátor, d) mechanicky spínaná tlmivka [3].

Model SVC pozostáva zo zdroja jalového výkonu, ktorý je zapojený do zvoleného uzla siete. Tento zdroj je schopný dodávať/odoberať jalový výkon do/zo siete, čím je schopný ovplyvňovať napätie v uzloch siete. Pri výpočtoch sa tento model prejavuje zmenou odoberaného, resp. dodávaného jalového výkonu v uzle, ktorom je SVC zapojené.

### III. FORMULÁCIA ÚLOHY A VYUŽITIE GENETICKÝCH ALGORITMOV

Úlohou je nájsť najvhodnejšie umiestnenie SVC s konkrétnymi parametrami v ES, ktoré bude viesť k zníženiu činných strát v sieti. Tieto straty predstavujú rozdiel medzi generovaným a spotrebovaným činným výkonom v sieti. Bilancia činných výkonov v sieti je daná vzťahom:

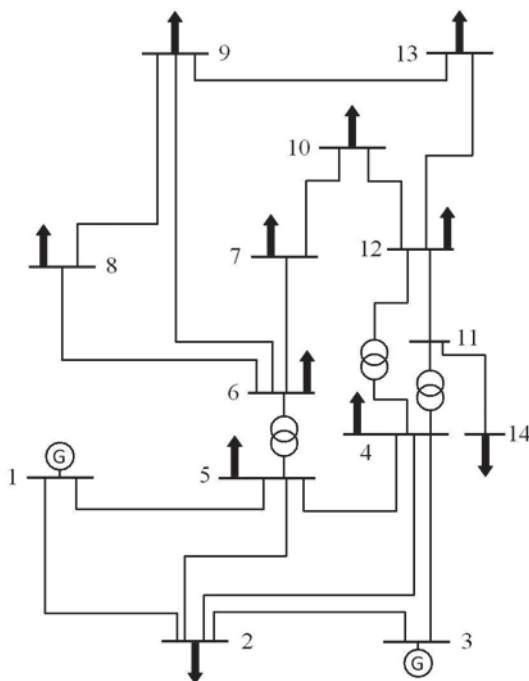
$$\sum P_G = \sum P_S + \sum \Delta P \quad (1)$$

Kde  $P_G$  predstavuje všetok činný výkon dodaný do siete,  $P_S$  odoberaný činný výkon a  $\Delta P$  činné straty.

Na nájdenie najvhodnejšieho umiestnenia v sieti s vhodnými parametrami SVC bol použitý genetický algoritmus (GA). GA je vhodný na riešenie optimalizačných problémov, ktoré nie je vhodné riešiť pomocou štandardných optimalizačných metód, u ktorých je cieľová funkcia nespojitá, nediferencovateľná, náhodná, alebo silne nelineárna. Proces výberu u GA je založený na prirodzenom výbere a je riadený biologickou evolúciou. Táto evolúcia spôsobuje neustálu modifikáciu populácií riešení a cez úspešné generácie riešení sa postupne približuje k optimálnemu riešeniu. Na vytvorenie novej generácie GA využíva viacero nástrojov: selekcia, kríženie a mutácia. Proces výpočtu sa zastaví ak je dosiahnutá niektorá z podmienok na ukončenie výpočtu [2]. Týchto podmienok existuje viacero, v tomto konkrétnom prípade to je podmienka zastaviť výpočet ak GA už nie je schopný nájsť menšiu hodnotu cieľovej funkcie oproti tej, ktorú už dosiahol.

Cieľovú funkciu predstavuje suma činných strát, ktorej hodnota sa mení v závislosti od zmeny jalového výkonu v jednotlivých uzloch. Hľadané parametre sú:

- miesto zapojenia SVC do siete (uvažovaná sieť je na obr. 2).
- parametre SVC, t.j. hodnota dodávaného/odoberaného jalového výkonu.

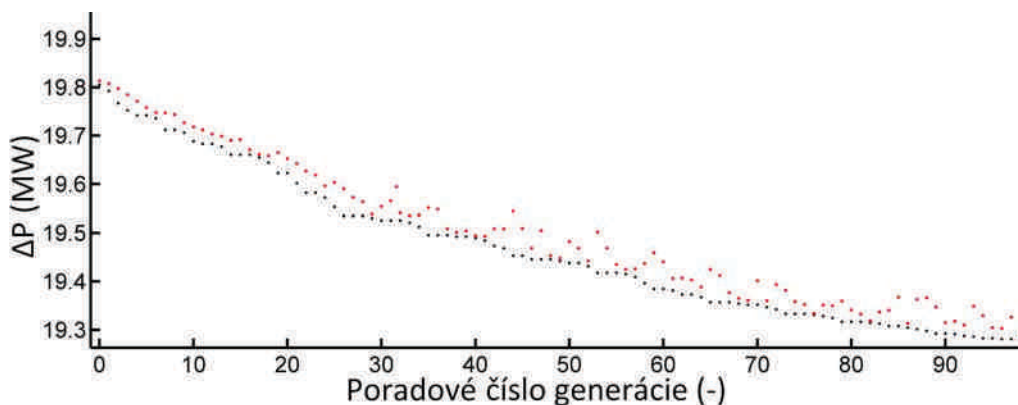


Obr. 2 14-uzlová sieť.

Nakoľko SVC slúži na reguláciu napätia v sieti, súčasne so zmenou činných strát je sledovaný aj vplyv na zmenu napätí v jednotlivých uzloch siete. Podmienkou je, aby sa napätie nezmenilo mimo povolený rozsah  $\pm 5\%$  na napäťovej hladine 400 kV a  $\pm 10\%$  na napäťovej hladine 110 kV.

Výpočtom pomocou GA bolo určené ako najvhodnejšie miesto z hľadiska minimalizácie strát v sieti uzol č. 9, do ktorého sa má dodávať jalový výkon o veľkosti 42,8 MVar. Priebeh hľadania výpočtu pomocou GA je zobrazený na obr. 3. Čierne značky reprezentujú najmenšiu hodnotu cieľovej funkcie v danej generácii, červené značky reprezentujú priemernú hodnotu pre celú generáciu.

V tabuľke 1a 2 sú uvedené jednotlivé hodnoty výroby a spotreby v uzloch (kladná hodnota znamená výrobu a záporná hodnota spotrebu výkonu v uzle), zmeny napätí v jednotlivých uzloch a zmeny činných strát v jednotlivých vedeniach bez a s použitím SVC.



Obr. 3 Priebeh zmeny činných strát v závislosti od generácie riešení.

Tabuľka 1  
 Vplyv použitia SVC na napätia v uzloch siete.

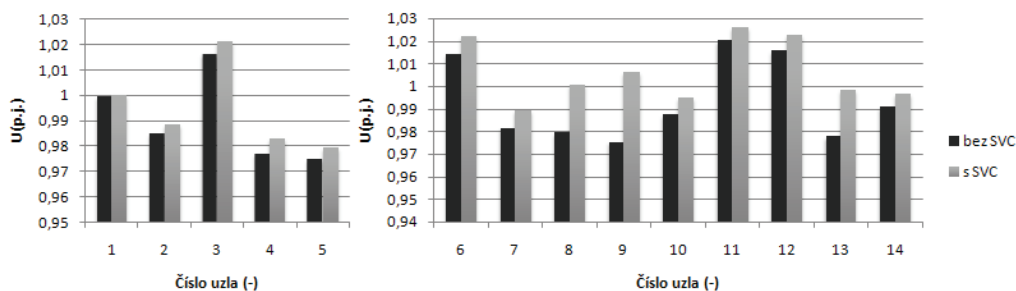
číslo uzla	výroba/spotreba P (MW)	výroba/spotreba Q (MVar)	bez SVC U (kV)	s SVC U (kV)
1	1139,824	137,498	400,0	400,0
2	-400	-175	394,0	395,5
3	400	250	406,7	408,5
4	-400	-175	390,9	393,1
5	-400	-175	390,0	391,9
6	-40	-15	111,6	112,4
7	-40	-15	108,0	108,8
8	-40	-15	107,7	110,0
9	-40	-15	107,3	110,7
10	-40	-15	108,6	109,5
11	0	0	112,2	112,9
12	-40	-15	111,7	112,5
13	-40	-15	107,5	109,8
14	-40	-15	109,0	109,7

Tabuľka 2  
 Vplyv použitia SVC na činné straty v jednotlivých vedeniach siete.

číslo vedenia	z uzla	do uzla	bez SVC $\Delta P$ (MW)	s SVC $\Delta P$ (MW)
1	1	2	4,095	4,058
2	5	2	0,067	0,057
3	5	4	0,383	0,381
4	4	2	0,392	0,382
5	4	3	2,120	2,075
6	2	3	0,583	0,603
7	1	5	6,624	6,512
8	7	6	0,965	0,959
9	8	6	1,228	1,092
10	9	8	0,043	0,113
11	9	6	0,924	0,873
12	10	7	0,020	0,018
13	12	11	0,027	0,023
14	10	12	0,715	0,697
15	13	12	0,851	0,642
16	13	9	0,020	0,033
17	11	15	0,767	0,757
celkové $\Delta P$ (MW)			19,82	19,28

Po zapojení SVC do uzla č. 9 sa straty v sieti znížili z hodnoty 19,82 MW na 19,28 MW, čo je zníženie o 2,76 %. Je potrebné poznamenať, že činné straty klesli v oboch napäťových

hladinách, t.j. na napät'ovej hladine 400 kV aj 110 kV. Priebeh zmeny napätí s a bez použitia SVC na napät'ovej hladine 400 kV (vľavo) a 110 kV (vpravo) je uvedený na obr. 4 v pomerných jednotkách.



Obr. 4 Priebeh zmien napätí v uzloch siete bez a s použitím SVC.

#### IV. ZÁVER

V článku bolo preukázané, ako pomocou využitia SVC je možné meniť nie len napätia v uzloch siete, ale aj znížiť činné straty. Za týmto účelom je potrebné nájsť vhodné umiestnenie a nastavenie SVC v ES. Potrebné simulácie boli robené v programe MATLAB a v toolboxe Power System Analysis Toolbox (PSAT).

#### POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-0385-07 a SK-BG- 0010-08, a taktiež Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied v rámci projektu VEGA-1/0166/10.

#### LITERATÚRA

- [1] GRIGER, V., GRAMBLIČKA, M., NOVÁK, M., POKORNÝ, M.: Prevádzka, riadenie a kontrola prepojenej elektrizačnej sústavy. Žilina: Vydavateľstvo ŽU, 2001, 236 s. ISBN 80-7100-823-0.
- [2] Genetic algorithm and direct search toolbox, Dostupné na internete: [http://www.mathworks.com/help/releases/R13sp2/pdf\\_doc/gads/gads\\_tb.pdf](http://www.mathworks.com/help/releases/R13sp2/pdf_doc/gads/gads_tb.pdf)
- [3] KOLCUN, M., BEŇA, L., MÉSZÁROS, A., RUSNÁK, J.: Riešenie problémov v riadení prevádzky elektrizačných sústav s využitím FACTS zariadení. In: Elektroenergetika 2005 : Zborník z 3. vedeckého sympózia : 21.-23. september 2005, Stará Lesná, Vysoké Tatry. Košice : FEI-TU v Košiciach, 2005. 23 s. ISBN 80-8073-305-8.
- [4] PISICA, I.; BULAC, C.; EREMIA, M.: Optimal SVC placement in electric power systems using a genetic algorithms based method. In: Intelligent System Applications to Power Systems, 2009, IEEE Bucharest Power Tech Conference, June 28th - July 2nd, Bucharest, Romania. E-ISBN : 978-1-4244-2235-7. Dostupné na internete: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5281841&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiee15%2F5271856%2F5281781%2F05281841.pdf%3Farnumber%3D5281841>
- [5] JOHNS, A. T., TER-GAZARIAN, A., WARNE, F.: "Flexible ac transmission systems (FACTS)," The Institution of Electrical Engineers, 1999, 592 pp, ISBN 0-85296-771-3

---

Title:

## **Electrical Engineering and Informatics III**

Proceeding of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
of the Technical University of Košice

---

Editorial Board:

Chairman:

**Dušan Kocur**

Members:

**Ján Kollár**

**Dušan Levický**

**Alena Pietriková**

**Ján Sarnovský**

**Liberios Vokorokos**

Technical Editorial Board:

**Marek Čajkovský**

**Katarína Kubišová**

**Jana Trelová**

Published by: **Faculty of Electrical Engineering and Informatics,  
Technical University of Košice, Letná 9,  
042 00 Košice, Slovak Republic**

Year of publication: **September, 2012**

Design: **FEI TU of Košice**

Pages: **836**

Edition: **First edition**

Printing: **50 pcs CD**

Language: **English, Slovak**

**Copyright © 2012 FEI TUKE**

**ISBN 978-80-553-0890-6**