



تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

پروژه رایانه‌ای

دانشگاه صنعتی شریف

یکی از مسائل مهم در مورد امنیت شبکه‌های قدرت، عملکرد پایدار و در محدوده مجاز شبکه در شرایط اضطراری است. بررسی سیستم در شرایط اضطراری (Contingency Analysis) می‌تواند در سطوح مختلفی صورت پذیرد. یکی از معیارهای متداول برای این بررسی، تحلیل شرایط اضطراری با معیار $(n-1)$ است. مطابق این معیار می‌بایست با خروج هر یک از تجهیزات از شبکه (به صورت منفرد)، باز هم شبکه به عملکرد عادی و در محدوده مجاز خود ادامه دهد. محدوده مجاز برای ولتاژ باس‌های شبکه در شرایط عادی، بازه 0.95 تا 1.05 ولتاژ نامی است و محدوده مجاز توان‌های انتقالی خطوط نیز بسته به شرایط محیطی، مشخصات خطوط و میزان تولید ژنراتورهای سنکرون برای هر خط به صورت جداگانه محاسبه می‌شود.

اکنون و با توجه به توضیحات فوق و با شبیه‌سازی شبکه‌ای که در ادامه معرفی می‌شود، به این سوالات پاسخ دهید. توجه کنید که برای انجام شبیه‌سازی می‌توانید از هر نرم‌افزار مناسبی در این زمینه استفاده نمایید.

۱) با انجام پخش بار در شرایط عادی و بدون خروج هیچ یک از تجهیزات شبکه، اندازه یکایی و زاویه ولتاژ همه باس‌ها، توان حقیقی و

راکتیو تولیدی همه ژنراتورها و توان حقیقی، راکتیو و ظاهری عبوری از کلیه خطوط را در سه جدول مجزا گزارش کرده و بررسی نمایید که آیا در این شرایط کلیه حدود شبکه (شامل حد مجاز اندازه ولتاژ باس‌ها، توان راکتیو خروجی ژنراتورها و توان ظاهری عبوری از خطوط) رعایت می‌گردند یا خیر. چنانچه نقض حدی وجود دارد، آن‌ها را گزارش کرده و سپس با استفاده از ترکیبی از گزینه‌های زیر طرحی ارائه دهید که کلیه حدود شبکه رعایت شوند؛ به گونه‌ای که طرح پیشنهادی اقتصادی‌ترین طرح ممکن باشد:

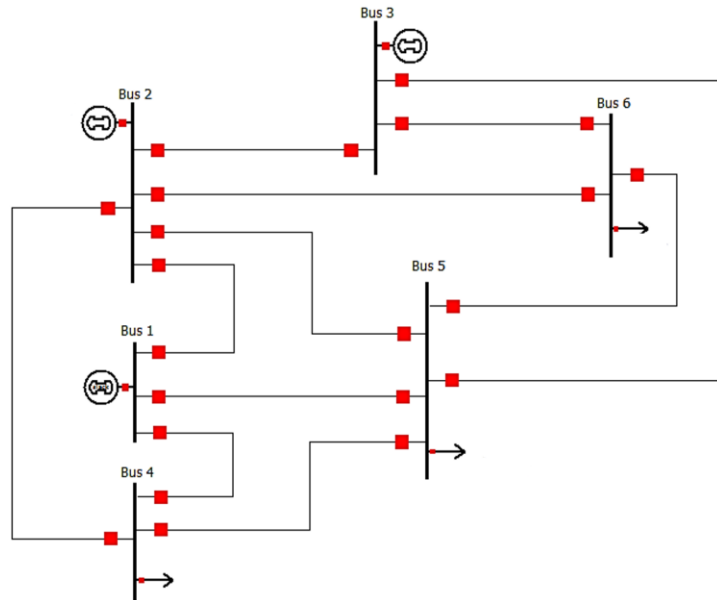
- تغییر نقطه تنظیمی توان حقیقی ژنراتورهای ۲ یا ۳ (هزینه: صفر)
- تغییر نقطه تنظیمی مرجع ولتاژ ژنراتورهای ۱ یا ۲ یا ۳ (هزینه: صفر)
- نصب جبران‌کننده غیر فعال موازی (خازن موازی یا راکتور موازی) در حداکثر سه باس شبکه (هزینه هر جبران‌کننده موازی را مستقل از ظرفیت آن c دلار در نظر بگیرید)
- نصب حداکثر یک خط بین دو باس دلخواه شبکه (هزینه نصب خط را $100c$ دلار در نظر بگیرید)

۲) برای طرح پیشنهادی خود در قسمت ۱، با انجام پخش بار در شرایط خروج هر یک از تجهیزات شبکه (منظور از تجهیزات در این مسئله برای سادگی فقط خطوط می‌باشد)، امنیت شبکه را طبق معیار $(n-1)$ مورد ارزیابی قرار دهید و سناریوهایی که سبب نقض حداقل یکی از حدود می‌شوند را شناسایی کرده و کلیه حدود نقض شده را گزارش نمایید.

۳) (اختیاری) با اصلاح طرح پیشنهادی خود در قسمت ۱ کاری کنید که ضمن اقتصادی‌ترین بودن، نتایج پخش بار شبکه علاوه بر شرایط عادی، طبق معیار $(n-1)$ نیز در محدوده مجاز خود قرار بگیرند.

در ادامه ساختار و مشخصات شبکه و همچنین محدودیت‌های خطوط می‌آید.

* توجه: در جدول‌های زیر، a_1 معرف رقم یکان، a_2 معرف رقم دهگان، a_3 معرف رقم صدگان و a_4 معرف رقم هزارگان شماره دانشجویی شماست. لذا، به عنوان مثال اگر شماره دانشجویی شما ۹۹۱۰۳۵۰۱ باشد، $a_1 = 1$ ، $a_2 = 0$ ، $a_3 = 5$ و $a_4 = 3$.



Line Data

From Bus	To Bus	R (pu [*])	X (pu [*])	B (pu [*])	MVA Limit
1	2	0.10	0.20	0.04	30
1	4	0.05	0.20	0.04	50
1	5	0.08	0.30	0.06	40
2	3	0.05	0.25	0.06	20
2	4	0.05	0.10	0.02	40
2	5	0.10	0.30	0.04	20
2	6	0.07	0.20	0.05	30
3	5	0.12	0.26	0.05	20
3	6	0.02	0.10	0.02	60
4	5	0.20	0.40	0.08	20
5	6	0.10	0.30	0.06	20

* $S_{base} = 100$ MVA, $V_{base} = 230$ kV

Bus Data

Bus Number	Bus Type	Scheduled Voltage (pu [*])	P _{gen} (MW)	Q _{gen} ^{min} (MVA _r)	Q _{gen} ^{max} (MVA _r)	P _{load} (MW)	Q _{load} (MVA _r)
1	Slack	1.00		-100	100	0	0
2	PV	$\frac{105 - a_4}{100}$	50	-100	100	0	0
3	PV	$\frac{105 - a_4}{100}$	60	-100	100	0	0
4	PQ		0			70	$70 - 5a_1$
5	PQ		0			70	$70 - 5a_2$
6	PQ		0			70	$70 - 5a_3$

* $V_{base} = 230$ kV