



PROBLEM SET MINGGU 14

Persiapan Ujian Akhir Komprehensif

Mata Kuliah: Dasar-Dasar Sistem Tenaga Listrik
Program: Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Institution: Universitas Bengkulu

Petunjuk Pengerjaan

- Kerjakan semua soal dengan lengkap dan sistematis.
- Tunjukkan semua perhitungan secara detail dan logis.
- Gunakan notasi standar dalam sistem tenaga listrik.
- Waktu pengerjaan: 240 menit (4 jam).
- Bobot soal bervariasi sesuai tingkat kesulitan dan cakupan materi.

1 Soal 1: Analisis Sistem Tiga Fasa dan Transformator (C3)

Sebuah sistem tenaga listrik memiliki sebuah generator sinkron tiga fasa terhubung-Y, 50 MVA, 13.8 kV, dengan reaktansi sub-transien $X_d'' = 0.2$ p.u. Generator ini dihubungkan ke bus transmisi 150 kV melalui sebuah transformator step-up terhubung-Y/Delta, 50 MVA, 13.8 kV/150 kV, dengan reaktansi $X_T = 0.1$ p.u. Saluran transmisi 150 kV memiliki impedansi $Z_L = (10 + j50)\Omega$.

1. Hitung basis MVA dan kV baru pada sisi generator dan sisi transmisi.
2. Hitung reaktansi per-unit generator dan transformator dalam basis baru.
3. Gambar diagram impedansi per-unit untuk sistem ini.



4. Jika transformator mengalami gangguan hubung singkat tiga fasa simetris di sisi tegangan tinggi (150 kV), hitunglah arus gangguan per-unit dan dalam Ampere.

2 Soal 2: Model Saluran Transmisi dan Kompensasi (C4)

Sebuah saluran transmisi tiga fasa, 300 km, 275 kV, memiliki parameter sebagai berikut:

- Resistansi seri: $0.05\Omega/\text{km}$
- Reaktansi induktif seri: $0.4\Omega/\text{km}$
- Susceptansi shunt: $j4.0 \times 10^{-6} \text{ S/km}$

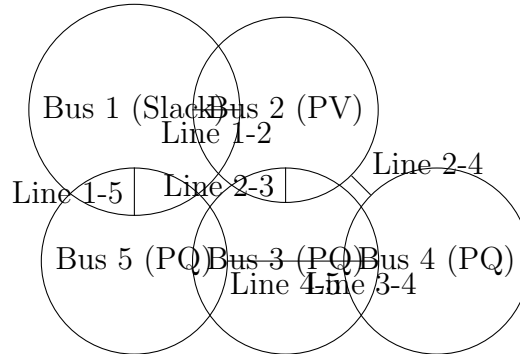
Saluran menyalurkan daya 150 MW dengan faktor daya 0.95 lagging pada tegangan ujung penerima 275 kV.

1. Modelkan saluran transmisi ini menggunakan model Nominal-Pi. Hitung konstanta ABCD saluran.
2. Hitung tegangan dan arus pada ujung pengirim.
3. Hitung efisiensi transmisi.
4. Jika efek Ferranti menjadi masalah, jelaskan bagaimana kapasitor shunt dapat digunakan untuk memitigasinya. Jika Anda ingin membatasi kenaikan tegangan ujung penerima saat *no-load* hingga 5%, berapa besar reaktor shunt yang dibutuhkan?



3 Soal 3: Aliran Daya dan Kontrol Tegangan (C5)

Pertimbangkan sistem 5 bus di bawah ini:



Data bus dan line (dalam p.u.):

- Bus 1 (Slack): $V = 1.05 \angle 0^\circ$ p.u.
- Bus 2 (PV): $P_G = 0.8$ p.u., $V = 1.02$ p.u.
- Bus 3 (PQ): $P_L = 0.5$ p.u., $Q_L = 0.2$ p.u.
- Bus 4 (PQ): $P_L = 0.7$ p.u., $Q_L = 0.4$ p.u.
- Bus 5 (PQ): $P_L = 0.3$ p.u., $Q_L = 0.1$ p.u.

Impedansi saluran: semua saluran memiliki $Z = 0.02 + j0.1$ p.u.

1. Jelaskan secara konseptual mengapa metode Newton-Raphson lebih cepat konvergen daripada Gauss-Seidel untuk masalah aliran daya yang besar.
2. Tanpa melakukan perhitungan iteratif lengkap, jelaskan bagaimana Anda akan menggunakan MATPOWER untuk menemukan solusi aliran daya untuk sistem ini. Tuliskan langkah-langkah dalam Octave/MATPOWER.
3. Jika tegangan di Bus 3 turun di bawah batas yang diizinkan (misalnya 0.95 p.u.), jelaskan dua metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan tegangan di bus tersebut.
4. Menggunakan MATPOWER, bagaimana Anda akan menganalisis dampak penambahan kapasitor bank di Bus 3 terhadap profil tegangan sistem secara keseluruhan?



4 Soal 4: Proteksi Sistem Tenaga (C6)

Sebagai kepala bagian proteksi di PT PLN, Anda ditugaskan untuk merancang sistem proteksi komprehensif untuk sebuah subsistem di Bengkulu yang baru saja mengintegrasikan pembangkit terbarukan (PLTS Farm 50 MW) ke gardu induk 150 kV. Subsistem ini terdiri dari:

- PLTS Farm 50 MW (terhubung melalui transformator step-up ke 150 kV)
 - Transformator daya di gardu induk: 100 MVA, 150 kV/20 kV
 - Dua saluran transmisi 150 kV yang keluar dari gardu induk (masing-masing 80 km dan 120 km)
 - Empat feeder distribusi 20 kV
1. Identifikasi minimal tiga jenis gangguan yang paling mungkin terjadi di subsistem ini. Untuk setiap jenis gangguan, jelaskan dampak potensialnya.
 2. Desain sistem proteksi untuk Transformator Daya 100 MVA. Sebutkan jenis-jenis relay yang akan digunakan, lokasi CT/PT, dan bagaimana prinsip diferensial diterapkan.
 3. Jelaskan bagaimana Anda akan memastikan koordinasi proteksi yang tepat antara relai-relai pada saluran transmisi 150 kV dan feeder distribusi 20 kV. Pertimbangkan aspek selektivitas dan kecepatan.
 4. Analisis tantangan baru yang muncul dalam desain proteksi karena integrasi PLTS Farm. Solusi apa yang dapat Anda usulkan untuk mengatasi tantangan tersebut (misalnya, terkait *recloser* atau arus gangguan)?
 5. Skema *single-line diagram* sistem proteksi subsistem ini, dengan menunjukkan penempatan relai, CT, PT, dan CB.



5 Soal 5: Ekonomi Operasi dan Tren Masa Depan (C6)

PT PLN menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan operasi pembangkit mereka di Sumatera, di tengah meningkatnya harga bahan bakar fosil dan target bauran energi terbarukan.

1. Jelaskan bagaimana konsep *Economic Dispatch* dapat digunakan untuk meminimalkan biaya operasi total pembangkitan dalam subsistem Sumatera. Fokus pada kasus dengan rugi-rugi transmisi, dan bagaimana *penalty factors* digunakan.
2. Sebagai seorang konsultan, Anda diminta untuk memberikan rekomendasi teknologi masa depan (minimal dua teknologi dari Minggu 13, seperti Smart Grid, ESS, BEMS, atau EV) yang paling relevan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem tenaga di Sumatera. Jelaskan mengapa rekomendasi Anda relevan dengan kondisi Sumatera (misalnya, interkoneksi, sumber daya lokal, demografi).
3. Diskusikan bagaimana Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN dapat berperan sebagai alat strategis dalam mengintegrasikan teknologi-teknologi baru ini ke dalam jaringan Sumatera, dengan memperhatikan aspek regulasi pemerintah (misalnya, terkait insentif energi terbarukan atau standar kualitas layanan).

6 Soal Tambahan: Pemrograman Octave (C5-C6)

Tuliskan skrip Octave untuk:

1. Membangun matriks admitansi bus (Y_{bus}) untuk sistem 3-bus radial sederhana.



2. Menghitung arus dan tegangan fasa dan saluran untuk sistem tiga fasa terhubung-Y yang tidak seimbang (diberikan impedansi beban per fasa).

Pastikan skrip memiliki komentar yang jelas dan contoh penggunaan.

SELAMAT MENGERJAKAN UJIAN AKHIR!

Universitas Bengkulu
Fakultas Teknik - Teknik Elektro