

计算:

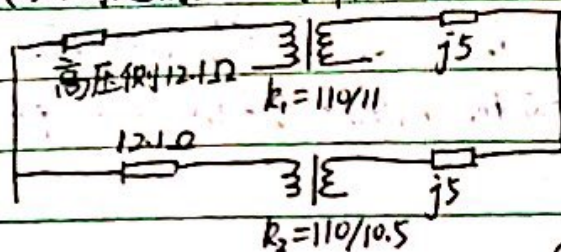
(5分)

Date: _____

1. (第一章) 变压器的额定电压的选择, 分接头的选择。

习题册

2. (3-5 习题册). (归算到低压侧计算更方便). B_3 例 3-5.



传递功率为 $\tilde{S} = 10 + j12$.

思路: 平分功率, 折算电抗, 假设电压, 计算压差, 求
循环功率, 叠加功率.

3. (第4章). 直角坐标的 Jacobi 矩阵多推导几遍。

4. 指导书 B_8 例 3-4. B_{80} 例 3-6.

5. 暂态题目: 教材 B_{200} 例 6-1.

4. 当末端的阻抗为波阻抗时, 简述传输线上的功率、电压、电流的特点。

无损耗线路中, 当末端所接负荷为波阻抗 Z_0 时, 线路末端的功率为纯有功功率 $P_0 = \frac{U_0^2}{Z_0}$ 为自然功率。此时, $U_0 = I_0 Z_0$, $\gamma = j\beta = j\omega\sqrt{L_0 C_0}$, $U_x = U_0 e^{j\beta x}$, $I_x = I_0 e^{j\beta x}$, 沿线各点的电压、电流有效值分别相等, 且同一点的电压、电流同相, 线路中各点的无功功率为零。

5. X_d 的含义、物理意义, 推导过程及磁路电路图。

X_d , d轴暂态同步电抗。

6. 在无阻尼绕组空载时突然三相短路, $M(s)$ 有几个根? 分别是什么? 对应于哪些短路电流分量, 有什么特点, 对应于定子侧有哪些短路分量?

$M(s)$ 是 s 的 4 次多项式且常数项为零。 $M(s)$ 的 4 个根分别为 $s_1 = 0$, $s_2 = \alpha$; $s_{3,4} = \beta \pm j\gamma$;

(1) $s_1 = 0$: i_{d1} , i_{q1} , i_{f1} 分别为常数, 即恒定直流电流分量。(2) $s_2 = \alpha$, 由于励磁绕组电阻的存在, 相应的分量 $i_{d2} e^{\alpha t}$, $i_{q2} e^{\alpha t}$, $i_{f2} e^{\alpha t}$ 在 $t=0$ 时起始值为 i_{d2} , i_{q2} , i_{f2} , 以后随时间按指数衰减 ($-\frac{1}{\alpha} = T_d$), 稳态时衰减到零。(3) $s_{3,4} = \beta \pm j\gamma$, $\beta < 0$, 电阻较小而使 γ 接近 1, 相应的分量 $i_{d3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_d)$, $i_{q3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_q)$, $i_{f3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_f)$ 为幅值随时间衰减的正弦量, 其角频率接近于同步角频率; 衰减原因是定子绕组电阻的存在。

7. 简述下近似计算中对电网的简化。

对于 300km 以下的线路, 可将 Z' 和 Y' 直接取为 Z 和 Y , 即将线路的阻抗简单的加以集中, 将导线集中到两端; 对于更短的线路 (如 35kV 以下的配电线路, 用集中的串联阻抗 Z 作为线路的等值电路。

高压网络时, 由于 $R \ll X$, 忽略电阻。在近似计算标么值, 变压器取 U_B 为 U_{av} 即平均额定电压。

$$\begin{cases} \Delta i_d(t) = i_{d1} + i_{d2} e^{\alpha t} + i_{d3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_d) \\ \Delta i_q(t) = i_{q1} + i_{q2} e^{\alpha t} + i_{q3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_q) \\ \Delta i_f(t) = i_{f1} + i_{f2} e^{\alpha t} + i_{f3} e^{\beta t} \sin(\gamma t + \varphi_f) \end{cases}$$

对应于定子侧 a, b, c 绕组, $\Delta i_d(t)$, $\Delta i_q(t)$ 中的衰减直流分量 \Leftrightarrow a, b, c 绕组中正序、按同步角频率变化, 幅值随时间衰减的三相电流。
 $\Delta i_d(t)$, $\Delta i_q(t)$ 中的随时间衰减的交流分量 \Leftrightarrow a, b, c 绕组会分别出现 2 个频率, 分别为 $1-\gamma$ 和 $1+\gamma$ 的幅值随时间变化的交流电流。

5. 输电线路在空载状态下* 末端电压要比首端电压高, 有功功率的流向是从电压相位超前的一端, 流向滞后的一端。

6. 调相机调压时, 在什么状态下(欠励), 作为无功负荷, 吸收感性无功。

7. 导纳矩阵 Y_{ii} 的物理意义。

8. 解释名词: 电压偏移, 电压损耗和电压降落。

9. 在联络系统中, $\Delta P_{ab} = \frac{K_A(\Delta P_{DB} - \Delta P_{GB}) - K_B(\Delta P_{DA} - \Delta P_{GA})}{K_A + K_B}$

10. 网损修正系数的表达式 $1 - \frac{\Delta P}{P_{Gi}}$

11. 短路电流最大值出现的条件? 短路前空载 + 木

12. 近似计算中, E 近似为 E'' , X 近似为 X'' 。

13. 同步电机方程中, 对于隐极机而言, 定转子互感是交变的, 周期为 π 。且由于定转子相互垂直时互感为零, 故无常数项。

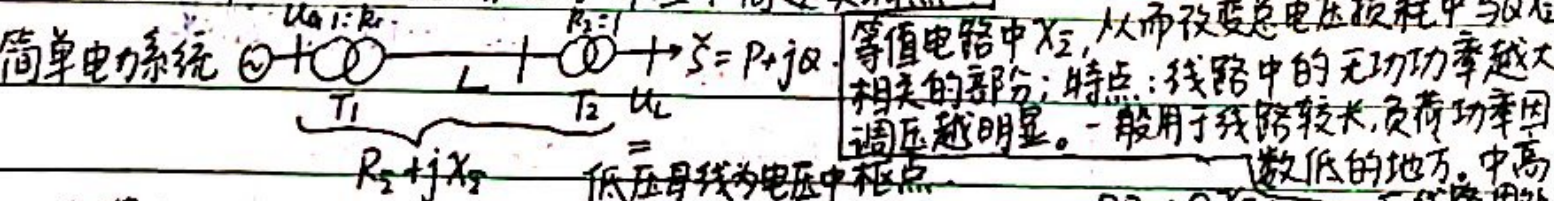
简答: 1. 电力系统的电压水平由什么决定? 为什么? (每题5分)

电力系统的电压等级由两方面因素决定: ①. 对应于一定的传输功率和输送距离, 出于减小功率损耗和减小电压降落, 以及电气设备的耐压、绝缘水平, 有最佳的电压等级; ②. 电气设备的规格化和系列化有利于设备制造的经济性和运行方便性。

2. 在用 PQ 分解法分析计算时, 基本思路是什么? 有什么特点, 适用于什么场合? ④. 电气设备的规格化和系列化有利于设备制造的经济性和运行方便性。

适用场合: 高压电力系统中, 线路的电抗远大于电阻。PQ 分解法特点: 有功和无功解耦, P 、 Q 矩阵变得阶数下降 ($n-1$ 阶, m 阶), 且均为常数矩阵, 对称矩阵; 相比牛顿法的二阶收敛性, 它具有一阶收敛性。计算 (220kV 以上的高压远距离输电, 主要目的是提高稳定性和输电能力)。

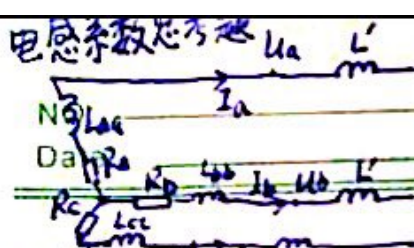
3. 电力系统中的主要调压措施有哪些? 简述其特点? ④. 改变线路电抗调压。相当于改变等值电路中 X_2 , 从而改变总电压损耗中与 QX_2 相关的部分; 特点: 线路中的无功功率越大, 调压越明显。一般用于线路较长, 负荷功率因数较低的地方。中高压线路用较多 (35kV-110kV)。



负荷所在母线的电压可以表示为: $U_L = (U_{G1} - \Delta U) / k_2 = (U_{G1} - \frac{PR_2 + QX_2}{U_N}) / k_2$

调整中枢点电压的个种方法: ①. 改变发电机端电压; 特点: 改变励磁调节器的电压整定值即可, 不会增加额外费用。相当于改变发电机的无功出力, 因此改变发电机端电压后要对整个系统进行潮流计算, 求得功率和电压分布情况。电话: 029-82668318 (东区)

②. 改变变压器变比调压 (前提: 系统无功充裕)。分为无载调压和有载调压 2 类。通过改变变压器高压绕组上分接头的位置。③. 并联无功补偿装置。并联电容器和静止无功补偿装置, 大多安装在用户侧, 可以减少线路和变压器的电压损耗、有功损耗。



原因: $L_d = L_0 + m_0 + \frac{L_2}{2} + m_2$ $L_{aa} = L_0 + L_2 \cos 2\theta$
 $\therefore L_d' = (L_0 + L') + m_0 + \frac{L_2}{2} + m_2 = L_d + L'$

三、简答: U_d, L_d, L'

从物理上讲, 不具互易性是由于定子三相绕组不在d轴上产生3倍的单相磁势, 故有3条数轴在d轴上无类似的合成磁势。
 $dq0$ 绕组更多意上是数学上的等值绕组。

1. 什么是冲击电流, 冲击电流发生在什么时刻?
 短路电流的最大瞬时值, 三相短路发生后约0.01s。

2. 在同步发电机的Park变换方程中, 定转子绕组间的互感系数各为多少? 不具互易性的物理原理是什么?

$$\begin{aligned} \psi_d &= -L_d i_d + m_{af} i_f + m_{ad} i_0 \\ \psi_f &= -L_f i_f + m_{af} i_d + m_{af} i_0 \\ \psi_0 &= -L_0 i_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \psi_q &= -\frac{3}{2} m_{aq} i_d + L_q i_q + m_{q0} i_0 \\ \psi_0 &= -\frac{3}{2} m_{a0} i_d + L_0 i_0 + m_{q0} i_q \\ \psi_g &= -\frac{3}{2} m_{ag} i_q + L_g i_g + \Delta m_{ga} i_a \end{aligned}$$

3. 写出 $E_q(\omega)$, $E_q'(\omega)$, $E'(\omega)$ 的表达式, 物理意义和变化规律。

$\psi_a = -\frac{3}{2} m_{aa} i_q + L_a i_a + m_{ga} i_g$
 不具互易性是由于不对称性是由于数学变换造成的, 是因变换矩阵P不是正交矩阵。
 将磁链方程中的各量改为标么值并取适当的基准值, 即可使磁链方程中的互感系数可易。

4. 简述暂态电抗 X_d' 的物理意义, 并画出转子回路的磁链平衡关系及等值电路。

填空:

1. 输电线路的 R, B, X, G 分别代表什么效应? 分别代表交流线路带电后的热效应、电场效应、磁场效应; 泄漏电流和电晕。
2. 输电线路采用分裂导线的目的是: ① 增大导线的等值半径, 减小导线的电晕和避免电晕现象发生 ② 提高输送容量。
 其电抗值相较未采用分裂导线的线路要 (小)。
3. 变压器在额定电压和额定功率下运行, 有功和无功损耗各为多少?
4. 牛顿拉式算法中, 雅可比矩阵的阶数 $\begin{cases} \text{直角坐标} \\ \text{极坐标} \end{cases}$

《要点》 P68 2-41.

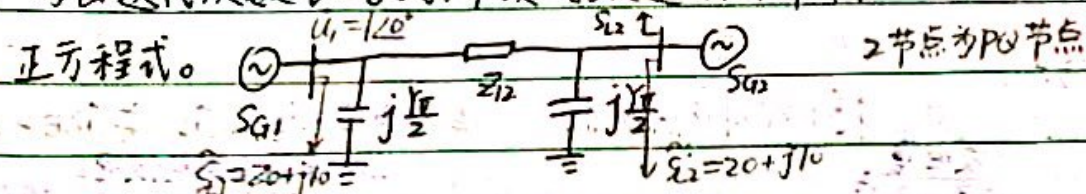
Date: _____

$U_1 = 1 \angle 10^\circ$

$U_2 = 1 \angle 0^\circ$

2. 已知简单系统如下, $Z_{12} = 0 + j0.1$, $Y_{n/2} = j0.1$, $S_{L2} = 20 + j10$, $S_{G2} = 15 + j10$, $U_1 = 1 \angle 10^\circ$

写出迭代次数 $v=0$ 时, 牛顿-拉夫逊法计算潮流的导纳矩阵, 功率误差方程式和修正方程式。



3. 某电力系统负荷的频率调节效应 $K_L = 2$, 当系统频率 $f_N = 50\text{Hz}$ 时, 系统负荷为 $P_{0N} = 1$.

若负荷增加, 而调频厂的频率调整器不动作, 系统频率下降 0.3Hz , 此时测得 $P_{0N} = 1.1$.

若频率调整器动作, 使频率上升 0.2Hz , 问二次调频增加的功率是多少?

$$\Delta P_{D0} = \Delta P_G - \Delta P_D = -(K_G + K_L) \Delta f \quad \text{标么制下,}$$

$$\Delta f = -0.3\text{Hz 时, } \Delta P_G = 0.1 = -K_G \Delta f \quad (\text{仅有一次调频}), K_{GN} = 16.67, \text{ 得: } \Delta P_{D0} = 0.11$$

$$\text{若调整器参与调节, 则 } \Delta P_{D0} - \Delta P_G = -(K_G + K_L) \Delta f$$

$$\text{此时, } \Delta f_1 = -0.1\text{Hz, 解得 } \Delta P_G = 0.149$$

4. 某变电所装有一台变比为 $110 \pm 5 \times 2.5\% / 11$, 容量为 $63\text{MV}\cdot\text{A}$ 的降压变压器, 已知变压器

低压侧的最大负荷 $\hat{S}_{\max} = 33.6 + j25.2\text{MV}\cdot\text{A}$, 最小负荷为 $\hat{S}_{\min} = 25 + j20\text{MV}\cdot\text{A}$, 变电所

的高压母线电压在最大负荷时为 105kV .

110kV以上的系统中性点直接接地, 60kV及以下的系统中性点不接地。
(可以降低绝缘水平, 提高经济效益) (提高供电可靠性)

NO. _____
Date: _____

设备

一. 填空题:

1. 我国的电力网规定的电压等级有: 3kV, 6kV, 10kV, 35kV, 110kV, 220kV, 330kV, 500kV, 750kV, 1000kV (一年中逐日的最大负荷所连的曲线)
2. 电力网系统常用的负荷曲线有哪3种? 日负荷曲线, 年最大负荷曲线, 年持续负荷曲线 (不接地方式)
3. 中性点经消弧线接地是为了减少接地故障点电流, 提高自动熄弧能力并能自动熄弧 (保证继续供电)
4. 年最大负荷利用小时数 = $\frac{\text{年发电量}}{\text{年最大负荷}}$, 利用 T_{\max} 可以估算: 全年电能损耗 (原理: 利用消弧线圈的感性电流补偿接地故障时的容性电流)
5. 分裂导线改变了导线周围的电磁场分布, 等效增大了导线的 (等值半径), 减小了导线的 (电晕) 电抗 (表面电场, 线路的修正系数)
6. 当架空线路的长度超过 800km, 必须考虑 (线路阻抗, 导纳的分布参数特性) (波阻抗)
7. 线路的特征阻抗和传播系数分别为: $Z_c = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jb_0}}$, $\gamma = \sqrt{Z_0 Y_0} = \sqrt{(r_0 + jx_0)(g_0 + jb_0)}$ (一般采用过补偿, 即感性电流大于容性电流)
8. 当变压器额定容量单位为 MVA, 电压单位为 kV 时: $X_T = \frac{U_k \% U_N}{100 S_N}$ 变压器运行在额定电压和额定容量时 $\Delta P_T = \frac{P_k}{1000} (\frac{S}{S_N})^2 + \frac{P_0}{1000}$ (MW) $\Delta Q_T = \frac{U_k \%}{100 S_N} (\frac{S}{S_N})^2 + \frac{I_0 \%}{100 S_N}$ $R_T \ll X_T$, U_k 降在 X_T 上
9. 设系统节点总数为 n 个, PQ 节点数为 m 个, 一个平衡节点, 直角坐标表示的雅可比矩阵的阶数为 $2(n-1)$, 极坐标表示的雅可比矩阵的阶数为: $n-1+m$
10. 电力系统的无功功率主要影响电网的 (电压幅值), 有功功率主要影响电网的 (电压相位)

二. 计算:

1. 设某发电厂一台型号为 SFPL-63000/110, 变比为 10.5/121kV 的变压器, 通过变压器的最大负荷为 50MVA, $T_{\max} = 5500h$, $\cos\phi = 0.8$, $T_{\max} = 4100h$, 变压器参数为 $P_0 = 60kW$, $U_k \% = 10.5$, $P_k = 298kW$, $I_0 \% = 0.8$, 求该变压器全年运行的电量损耗。

解: $S_N = 63MVA$, $U_{N1}/U_{N2} = 10.5/121$, $S_{\max} = 50MVA$

$$\Delta A = \frac{P_k}{1000} (\frac{S_{\max}}{S_N})^2 T_{\max} + \frac{P_0}{1000} \times 8760 = 1295.19 MW \cdot h$$

$$U_k\% = \frac{U_k}{U_N} \times 100 = \frac{\sqrt{3} I_N X_T}{U_N} \times 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} X_T}{U_N} \times 100 = \frac{S_N X_T}{U_N^2} \times 100$$

$$X_T = \frac{U_k\% U_N^2}{100 S_N}$$

$I_N =$

NO: _____

Date: _____

5. 一台 30MV·A 的无强行励磁的隐极发电机的运行状态如图, 若机端发生三相短路, 计算短路电流周期分量的起始值 I' (kA), 短路后的稳态电流 I_∞ (kA), 图中发电机电抗、机端电压及负荷阻抗都是以发电机额定电压和功率为基准值的标么值。

和冲击电流 I_m (kA), $k_m = 1.8$. ($R_a = 0$)

$S_N = 30 \text{ MV} \cdot \text{A}$
 $U_N = 10.5 \text{ kV}$
 $X_d = 1$, $X_d' = 0.2$
 $X_q = X_d = 1$, $X_q' = X_d' = 0.2$

解: $U_{q0} = 1 \angle 0^\circ$, $Z = 1 \angle 36^\circ$, 则 $I_{10} = \frac{U_{q0}}{Z} = 1 \angle -26^\circ$

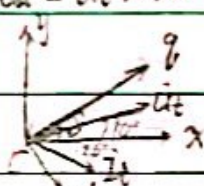
稳态运行时, $E_{q10} = U_{q10} + R_a I_{d10} + j X_d I_d + j X_q I_q$
 $E_{d10} = 0$ $I_{d10} + j I_{q10} = I_{10}$

$I' = I_d' = \frac{E_{q10}}{X_d}$ $I'' = \sqrt{I_d'^2 + I_q'^2}$
 $I_d' = \frac{E_{q10}}{X_d}$
 $I_q' = \frac{E_{d10}}{X_q}$
 $i_m = k_m \sqrt{2} I_d'$

励磁电动势 $E_d = U_d + j X_q I_q = 1 \angle 0^\circ + j 1 \times 1 \angle -26^\circ = 1.78 \angle 31^\circ$ $E_{q10} = U_{q10} + X_d I_{d10} = 0.891 + 1 \times 0.891 = 1.782$

\therefore 转子轴与 X 轴夹角为 31°

$U_d = U_t \cos(\delta - 10^\circ) = 1 \times \cos 27^\circ = 0.891$
 $U_q = U_t \sin(\delta - 10^\circ) = \sin 27^\circ = 0.454$



$I_q = I_t \cos(26^\circ + 31^\circ) = 0.454$

$I_d = I_t \sin(26^\circ + 31^\circ) = 0.891$

$E_{q10} = U_{q10} + X_d I_{d10} = 0.891 + 0.2 \times 0.891 = 1.069$

(习题册 P₂ 例 8-1)

定子暂态电流 $I' = \frac{E_{q10}}{X_d} = \frac{1.069}{0.2} = 5.345$

有名值为 $I' = 5.345 \times \frac{S_N}{\sqrt{3} U_N} = 5.345 \times \frac{30}{\sqrt{3} \times 10.5} = 8.82 \text{ kA}$

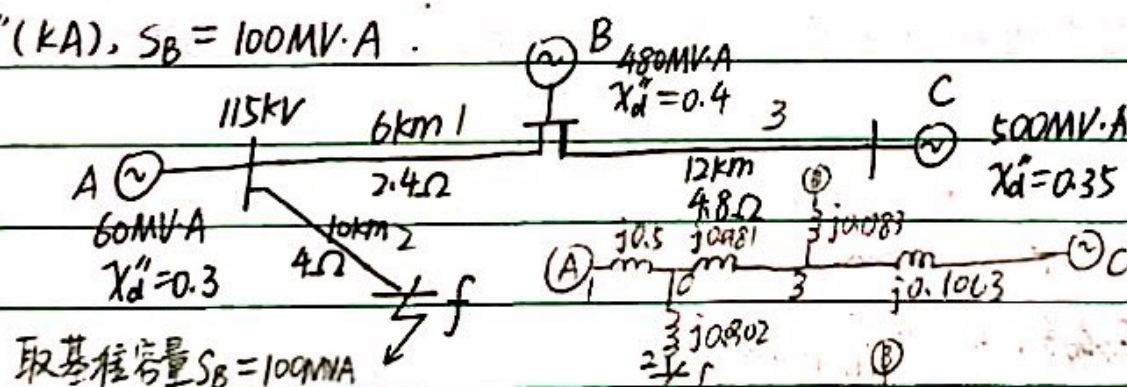
短路后稳态电流 $I_\infty = \frac{E_{q10}}{X_d} = \frac{1.782}{1} = 1.782$

$I_\infty = 1.782 \times \frac{30}{\sqrt{3} \times 10.5} = 2.94 \text{ kA}$

$i_m = k_m I_m = 1.8 \times \sqrt{2} \times 8.82 = 22.45 \text{ kA}$

6. 系统如图, 线路每 km 电抗为 0.4Ω , 当 f 点发生三相短路时发电 T A 送出的短路电流

I' (kA), $S_B = 100 \text{ MV} \cdot \text{A}$



取基准容量 $S_B = 100 \text{ MVA}$

$X_{GA} = X_d'' \frac{S_B}{S_{AN}} = 0.3 \times \frac{100}{60} = 0.5$

$X_{GB} = X_d'' \frac{S_B}{S_{BN}} = 0.4 \times \frac{100}{480} = 0.083$

$X_{GC} = X_d'' \frac{S_B}{S_{CN}} = 0.35 \times \frac{100}{500} = 0.07$

$X_{L1} = 2.4 \times \frac{S_B}{U_{dN}^2} = 2.4 \times \frac{100}{115^2} = 0.0181$

$X_{L2} = 4 \times \frac{S_B}{U_{dN}^2} = 0.0302$ $X_{L3} = 4.8 \times \frac{S_B}{U_{dN}^2} = 0.0363$

$X_2 = 0.032 + 0.115 + 0.1476 + 0.5$

$= 0.032 + 0.0646 + 0.5$

$= 0.032 + 0.0512$

$= 0.0892$

$I_f = \frac{1}{X_2} = 11.436$

西安交通大学 教材供应中心

网址: <http://202.117.3.26/bookstore>

电话: 029-82668318 (东区)

82655434 (西区)

86652038 (城南学院)

$I_{G1} = I_f \cdot \frac{0.0892}{0.0892 + 0.5} = 1.309$

有名值 $I_{G1} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 115} \times 1.309 = 0.657 \text{ kA}$

7. 写出发电机空载电势和暂态电势的表达式,并阐述其物理意义?

空载电势 $e_d = -X_{ag} i_g$

暂态电势正比于磁势

正比于 $e_q = X_d i_d$

$e_d = -\frac{X_{ag}}{X_g} \psi_g$ $e_d'' = -\frac{X_{ag}}{X_d} \psi_d$

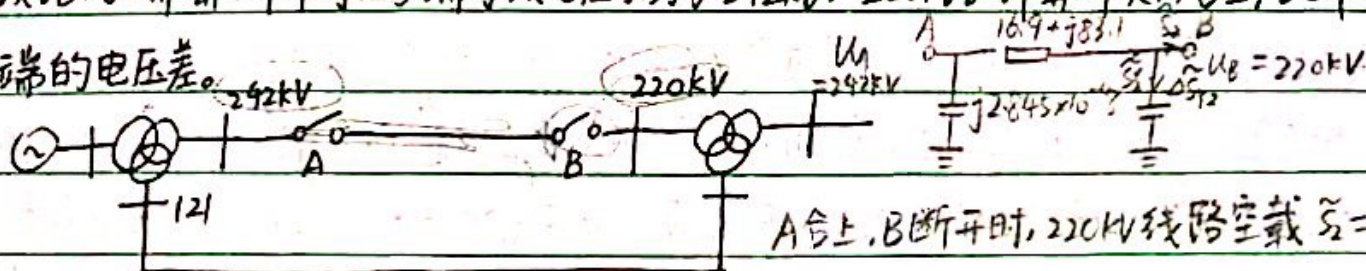
各绕组电流 $e_d = -X_{ad} i_a$

$e_q' = \frac{X_{af}}{X_f} \psi_f$

$e_q'' = \frac{X_{ad}}{X_d} \psi_d$

二、计算: $e_q = X_{af} i_f$

1. 下图系统中,已知220kV的线路参数为 $R=16.9\Omega$, $X=83.1\Omega$, $B=5.69 \times 10^{-4}$, 当线路两端都断开时,两端母线电压分别为242kV, 220kV。计算开关A合上, B断开时两端的电压差。



$\tilde{S}_2 = \Delta \tilde{S}_2 = -j \frac{B}{2} U_B^2 = P_2 + jQ_2$

$Q_2 = -\frac{B}{2} U_B^2$, $P_2 = 0$

以 U_B 为参考相量, $dU = \Delta U + j\delta U = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_B} + j \frac{P_2 X - Q_2 R}{U_B}$

$= -\frac{B U_B^2}{2 U_B} X + j \frac{R (-\frac{B}{2} U_B^2)}{U_B}$

$= -\frac{B U_B}{2} X + j \frac{U_B B R}{2}$

设 $U_A = 242 \angle 0^\circ$ kV, 代入得

$\therefore U_A = U_B + dU_B = U_B - \frac{B U_B}{2} X + j \frac{U_B B R}{2}$ $\therefore U_B = \frac{U_A}{1 - \frac{B X}{2} + j \frac{B R}{2}}$ $U_B = 247.86 \angle -0.25^\circ$ kV $\therefore \Delta U = 241.86 - 220 = 21.86$ kV

2. 写出直角坐标系拉法潮流计算的修正方程式和节点功率及电压误差方程,该系统有n个结点,其中1, ..., m为PQ节点, m+1, ..., n-1为PV节点, 第n个节点为平衡节点。

直角坐标系下, 设 $U_i = e_i + jf_i$, $U_j = e_j + jf_j$, $Y_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$

则 $i_i = (\frac{S_i}{U_i})^* = \sum_{j=1}^n U_j Y_{ij}$ 即 $\frac{P_i - jQ_i}{U_i} = \sum_{j=1}^n Y_{ij} U_j$ $\therefore P_i - jQ_i = (e_i - jf_i) \sum_{j=1}^n Y_{ij} U_j$

修正方程式为:

$= (e_i - jf_i) \sum_{j=1}^n (G_{ij} + jB_{ij})(e_j + jf_j)$

$= (e_i - jf_i) \sum_{j=1}^n (e_j G_{ij} - f_j B_{ij}) + j(e_j B_{ij} + f_j G_{ij})$

$= e_i \sum_{j=1}^n (e_j G_{ij} - f_j B_{ij}) + f_i \sum_{j=1}^n (e_j B_{ij} + f_j G_{ij})$

$+ j[f_i \sum_{j=1}^n (f_j B_{ij} - e_j G_{ij}) + e_i \sum_{j=1}^n (e_j B_{ij} + f_j G_{ij})]$

$i=1, 2, \dots, n-1$

$\therefore \Delta P_i = P_{Gi} - P_{Li} - e_i \sum_{j=1}^n (e_j G_{ij} - f_j B_{ij}) - f_i \sum_{j=1}^n (e_j B_{ij} + f_j G_{ij})$

$(i=1, 2, \dots, m) \Delta Q_i = Q_{Gi} - Q_{Li} + f_i \sum_{j=1}^n (f_j B_{ij} - e_j G_{ij}) + e_i \sum_{j=1}^n (e_j B_{ij} + f_j G_{ij})$

西安交通大学 教材供应中心

网址: <http://202.117.3.26/bookstore>

$\Delta U_i^2 = U_i^2 - (e_i^2 + f_i^2)$

$i=m+1, m+2, \dots, m-1$

$$k_G = k_{GA} \frac{P_{GN}}{f_N} = \frac{100}{0.5} \times \frac{P_{GN}}{f_N}$$

3. 某系统有容量为100MVA 100MW的两台发电机和120MW的两台发电机并联运行, 前者的调差系数为4%, 后者为6%, 全系统的总负荷为350MW, 该负荷的静态特性系数 $k_L = 0$. 当系统的负荷增加45MW时, 系统的频率下降多少?

$$k_{G1} = \frac{1}{4\%} = 25, k_{G2} = \frac{1}{6\%} = 16.67$$

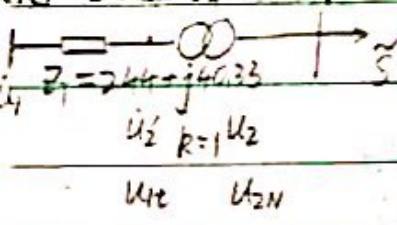
$$P_D = 350MW, \Delta P_D = 45MW$$

$$K_{G\Sigma} = 2 \times k_{G1} + 2 \times k_{G2} = 83.34$$

$$K_S = K_{G\Sigma} + K_L = 83.34$$

$$\Delta P_D = -K_S \Delta f$$

4. 某变电所装有一台变比为110±2.5%/11, 容量为31.5MVA的降压变压器, 已知变压器低压侧的最大负荷 $\tilde{S}_{max} = 33.6 + j25.2MV \cdot A$, $\tilde{S}_{min} = 25 + j20MV \cdot A$, 变电所的高压母线在最大负荷时为105kV, 最小负荷时为107.5kV, 变压器归算到高压侧的阻抗是 $Z_T = 2.44 + j40.33\Omega$, 若在保证变电所低压母线电压最大负荷时 $U_{max} = 10kV$, $U_{min} = 10.5kV$, 选择变压器分接头。(忽略变压器的功率损耗)。最大负荷时, 最小负荷时,



$$U'_{2max} = U_{1max} - \frac{R_T P_{max} + X_T Q_{max}}{U_{1max}}$$

$$= 105 - \frac{2.44 \times 33.6 + 40.33 \times 25.2}{105}$$

$$= 94.54kV$$

$$U'_{2min} = U_{1min} - \frac{R_T P_{min} + X_T Q_{min}}{U_{1min}}$$

$$= 107.5 - \frac{2.44 \times 25 + 40.33 \times 20}{107.5}$$

$$= 99.43kV$$

$$k = \frac{U'_{2max}}{U_{2N}} = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} \text{ 要求 } U_{2max} \geq 10kV \text{ 得: } \frac{U'_{2max} U_{2N}}{U_{1N}} \geq 10kV \therefore U_{1N} \leq \frac{94.54}{10} \times 11 = 104.994kV$$

自坐标系的(按节点编号1, 2, ..., n-1, n)

$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta P_n \\ \Delta Q_n \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} H_{11} & N_{11} & \dots & H_{1n} & N_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ H_{n1} & N_{n1} & \dots & H_{nn} & N_{nn} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \Delta f_1 \\ \Delta e_1 \\ \vdots \\ \Delta f_n \\ \Delta e_n \end{bmatrix}$
ΔP_1		Δf_1
ΔQ_1		Δe_1
\vdots		\vdots
ΔP_n		Δf_n
ΔQ_n		Δe_n
\vdots		\vdots
ΔP_{nn}		Δf_{nn}
ΔQ_{nn}		Δe_{nn}
\vdots		\vdots
ΔP_{n1}		Δf_{n1}
ΔQ_{n1}		Δe_{n1}

$$\text{得: } \frac{U'_{2min} U_{2N}}{U_{1N}} \leq 10.5$$

$$\therefore U_{1N} \geq \frac{11}{10.5} \times 99.43 = 104.16kV$$

$$\text{取 } U_{1N} = \frac{1}{2}(104.16 + 104.994) = 104.63kV$$

$$\frac{104.63 - 110}{110} = -0.0488 \approx -4.88\%$$

∴ 选取-5%的分接头的变压器。
检验, 此时 $U_{1N} = U_{1N}(1-5\%) = 104.5kV$
 $k = \frac{U_{1N}}{U_{2N}} = \frac{104.5}{11} = 9.5$
 $U'_{2max} = 94.54kV, U_{2max} = \frac{U'_{2max}}{k} = 9.95kV$
 $U'_{2min} = 99.43kV, U_{2min} = 10.47kV$

2. 明: $I_1 = \frac{U_1 - U_2}{Z_T}$ $I_2 = \frac{U_2 - U_1}{Z_T}$ $I_1 = \frac{1}{k} I_2$ $I_2 = k I_1$ $Y_{T1} = \frac{1}{k Z_T}$ $Y_{T2} = \frac{k}{Z_T}$

NO: $(U_1 - I_1 Z_T) k = U_2$ $I_1 (1 - \frac{1}{k}) = I_2$

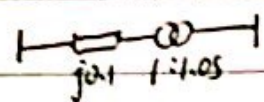
Date: $I_1 (1 - \frac{1}{k}) = I_2$

1. 电压降, 电压损耗, 电压偏移的定义, 用公式表示, $I_2 = \frac{1-k}{k Z_T} U_2 + \frac{1}{k Z_T} (U_2 - U_1)$

电压降为输电线始末两端的电压差, $dU = U_1 - U_2 = I(R + jX)$.

已知末端电压 U_2 (并设 $U_2 = U_2 \angle 0^\circ$) 和末端功率时, $dU_2 = \frac{P_2 - jQ_2}{U_2} (R + jX) = \frac{P_2 R + Q_2 X}{U_2} + j \frac{P_2 X - Q_2 R}{U_2}$

2. 变压器的 π 型, Γ 型等值电路.



已知始端电压 U_1 (并设 $U_1 = U_1 \angle 0^\circ$) 和始端功率时, $dU_1 = \frac{P_1 - jQ_1}{U_1} (R + jX) = \frac{P_1 R + Q_1 X}{U_1} + j \frac{P_1 X - Q_1 R}{U_1}$

电压降损耗: 因线路两端电压的数值差与线路额定电压之比的分数, $\frac{U_1 - U_2}{U_N} \times 100\%$.
电压偏移, 线路始端电压和末端电压偏离额定电压的程度, $\frac{U_1 - U_N}{U_N} \times 100\%$; $\frac{U_2 - U_N}{U_N} \times 100\%$.

3. n 台变压器在额定电压下并联运行, 通过变压器的总功率为 S_T , 变压器的 S_{TN} , U_N , P_k , $U_k\%$

已知, 不计并联支路损耗时 n 台变压器的 $\Delta S_{T2} = n [(\frac{P_k}{1000}) (\frac{S_T}{n S_N})^2 + j \frac{U_k^2}{100} S_{TN} (\frac{S_T}{n S_N})^2]$ MV.A

4. 为什么在高压网中, 两个相邻节点的电压幅值差决定无功功率流动方向? 电压相角差决定有功功率流动方向?

对于高压输电线路, 由于 $R \ll X$, 故电压降落的纵分量 $\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$

电压降落的横分量 $j\Delta U = \delta U = \frac{PX - QR}{U} \approx \frac{PX}{U}$. \therefore 线路始末两端电压的幅值差 $\approx \frac{QX}{U}$

主要取决于线路输送的无功: $\Delta U \approx U_1 - U_2 > 0$ 时, $Q > 0$, 即无功由电压幅值高的一侧流向电压幅值低的一侧;

5. 高压电网中冲击电流发生的条件是什么? 大约在什么时刻发生? α 相 δU 反映了线路

同步发电机空载, 且 α 相电动势的初相角 $\alpha = 0$ 时, 发生突然三相短路时短路电流会取得最大瞬时值;

冲击电流约在短路发生后半个周期, 即 $0.01s$ 后取得.

6. 发电机端发生定子三相短路时, 定子绕组中有什么样的短路电流分量? 它们是如何产生的?

发生短路时 α 相电源相角为 0° .

$i_m = k_m I_m$ 短路稳态电流峰值

冲击系数: 1.8

直流分量幅值 $i_a = (k_m - 1) I_m$

$I_M = 1.52 \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ ($k_m = 1.8$)

始末两端电压的相位差, $\delta U > 0$, 表明始端电压相位超前末端, 则 $P > 0$, 即电压有功从电压超前相流进电压滞后相。