

電力システム解析論

第11回 電力システムの潮流制御

平成25年01月11日

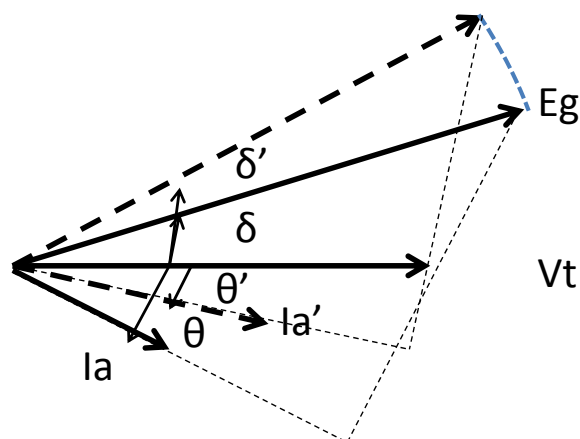
発電機のふるまい

- 発電機の励磁(界磁)入力に対するふるまい
 - 発電機の励磁(界磁)により, 発電機と電力系統間の無効電力を制御できる
 - 同期発電機を過励磁すると電力系統側に無効電力を供給
 - 同期発電機を不足励磁すると電力系統側から無効電力を吸収
 - 無効電力を変えると何が起こるか？

発電機のふるまい

- 発電機の機械入力に対するふるまい
 - 相角 δ で、発電機が有効電力 P を電力系統側に安定に供給している状態
 - 母線電圧 V_t に対し、発電機端子電圧 E_g は角度 δ 進んでいる
 - 端子電圧を変えずに、原動機入力を増やした場合（蒸気タービンや水車のバルブを開く）
 - 回転子が加速する
 - 母線電圧 V_t と発電機端子電圧 E_g の角度 δ が増加
 - 端子電流 I_a が増加し、力率角 θ が減少
 - 発電機の実出力電力 P が増加
 - 原動機入力と再び釣り合う

発電機のふるまい



電力方程式

- 母線電圧 $V_t = |V_t| \angle 0^\circ$

- 発電機内部電圧 $E_g = |E_g| \angle \delta$

- 発電機内部リアクタンス X_g

- 発電機端子電流 $I_a = \frac{|E_g| \angle \delta - V_t}{jX_g}$

- 発電機出力電力

$$P + jQ = V_t \bar{I}_a = \frac{|V_t| |E_g| \angle -\delta - |V_t|^2}{-jX_g}$$

– 有効電力

– 無効電力 $P = \frac{|V_t| |E_g|}{X_g} \sin \delta$ $Q = \frac{|V_t|}{X_g} (|E_g| \cos \delta - |V_t|)$

2013/01/11

電力システム解析論

5

発電機のふるまい

- 有効電力 $P = \frac{|V_t| |E_g|}{X_g} \sin \delta$

- $|V_t| |E_g|$ が一定でも, δ によって電力P大きくなる

- Pと V_t が一定の場合, 励磁により E_g が増加すると, δ は減少

- 無効電力 $Q = \frac{|V_t|}{X_g} (|E_g| \cos \delta - |V_t|)$

- 発電機出力Pが一定で, 発電機端子電圧 E_g が増加, 相角 δ が減少するとQは増加する

2013/01/11

電力システム解析論

6

母線間の潮流

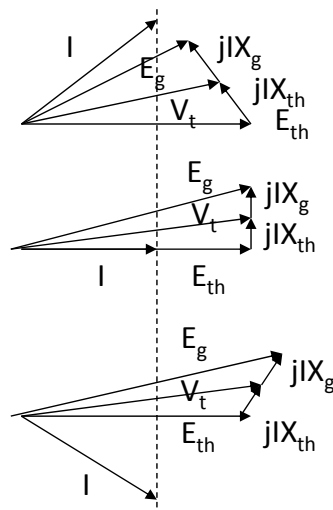
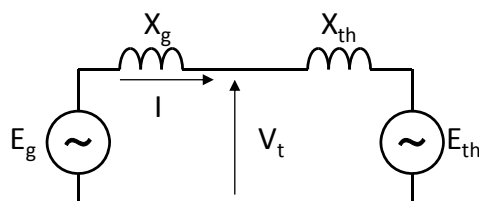
- 母線電圧 V_1, V_2
 - V_2 に対して V_1 の位相が δ 進んでいる
- 母線間のリアクタンス X
$$P = \frac{|V_1||V_2|}{X} \sin \delta$$
- 有効電力
$$Q = \frac{|V_2|}{X} (|V_1| \cos \delta - |V_2|)$$
- 母線2の受電する無効電力
- 相差角 δ が小さい($<15^\circ$) δ の変化に対して
 - Q はほとんど変化しない $\cos \delta \doteq 1$
 - P は δ にほぼ比例して変化 $\sin \delta \doteq \delta$

母線電圧の制御 発電機の界磁制御

- 発電機の出る無効電力 Q が母線電圧にどのような影響を与えるか？
- 発電機母線→PV指定
 - Q は潮流計算で求まる
 - フェーザ図
 - P 一定(I の E_{th} と同相成分が一定), E_{th} 一定
 - V_t 大→ E_g 大→発電機の励磁増加
電流 I の位相遅れる→無効電力増加
←界磁により Q 調整すると電圧も変わる

母線電圧の制御 発電機の界磁制御

- $V_t = E_{th} + jIX_{th}$
- 発電機の等価回路



電力用コンデンサによる電圧調整

- 電力用コンデンサによる無効電力供給
 - 送配電線, 変電所, 負荷に設置
 - 投入しつ放し(配電用に多い)→夜間軽負荷時の電圧上昇
 - 負荷に応じたON/OFF→電圧調整可
 - タイマー動作, 電圧フィードバック操作
 - 遅れ無効電力負荷(誘導機等)に設置
 - 線路電流低減→線路電圧降下の低減
 - 発電機の無効電力出力減少
 - 有効電力出力容量として使用可

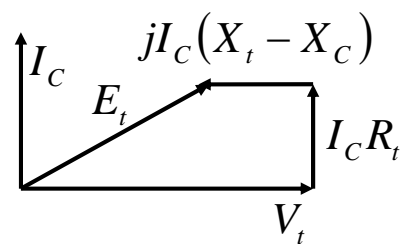
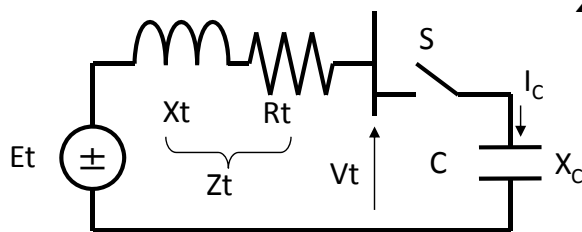
潮流計算における電力コンデンサ

- 電圧 (PV) 指定できるのは, 無効電力源がある母線のみ

- 電力コンデンサの使用で負荷母線で電圧指定可能
- 電力コンデンサの投入による母線電圧変化

- コンデンサ電流

$$I_C = \frac{E_t}{Z_t - jX_C}$$



変圧器による潮流制御

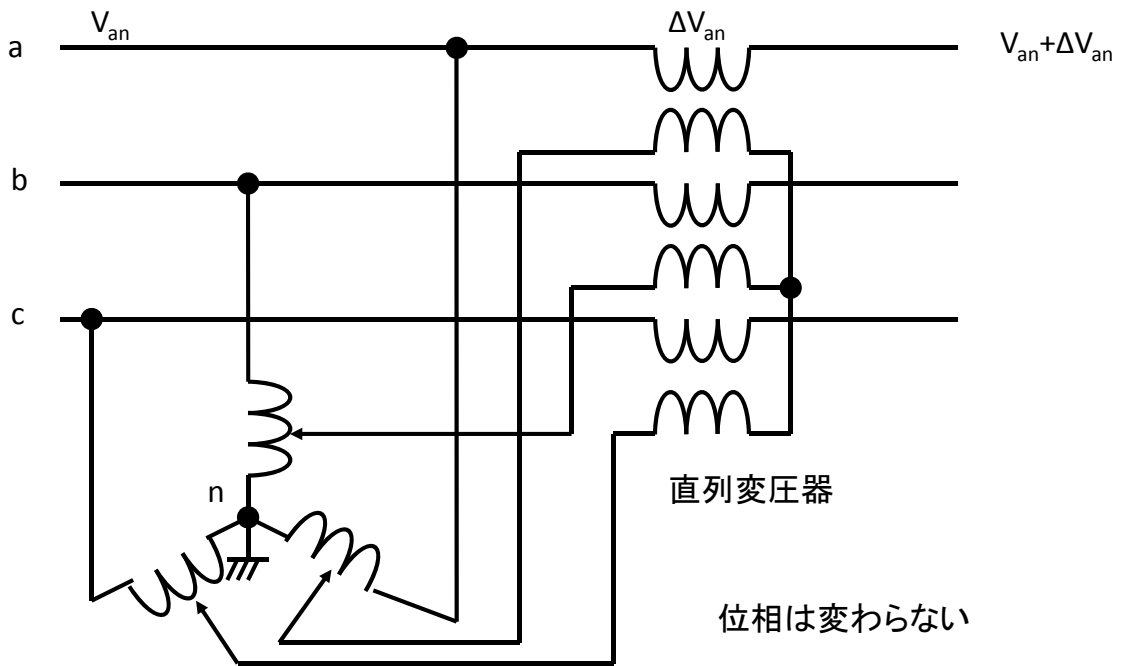
- 変圧器の機能

- (母線)電圧レベルの変換
- 有効電力・無効電力の制御
 - 電圧の微調整 ($\pm 10\%$)
 - 位相の調整
 - 電圧・位相の両方の調整

- タップ比

- 巻数比の変更
 - 非荷電時
 - 負荷時タップ比制御(LTC: Load Tap Changing)

電圧調整用変圧器



位相調整用変圧器

