



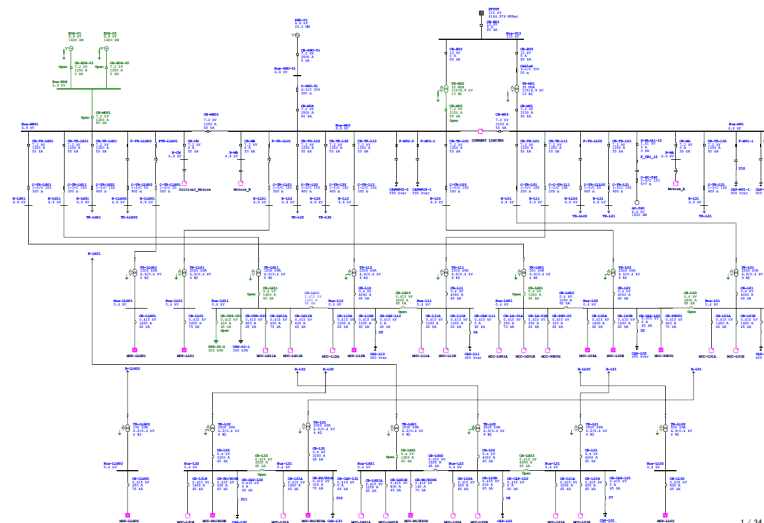
ETAP User Group - No.24

瞬低解析の実例紹介 (3) 瞬低後の電動機順序再始動の検討

October 24, 2013

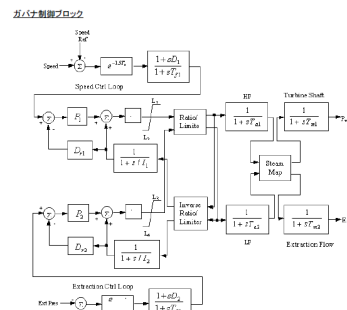
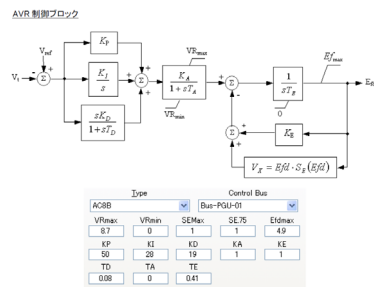


実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 系統構成の例



1 / 34

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 発電機制御モデル



- AVR IEEE AC8B
- Governor Woodward 505
- Parameter Apply Manufacturer's Data

• 負荷遮断試験結果とのチューニングはデータ受領時行う

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 誘導電動機のモデリング (条件設定)



誘導電動機の種類・集計

- 高圧電動機 (Normal および Intermittent) は、1 台ずつ個々に入力した。
- 37kW 超過の低圧電動機 (Normal および Intermittent) は、1 台ずつ個々に入力した。
- 37kW 以下の低圧電動機 (Normal および Intermittent) は、配電盤グループ毎に分類した後、さらに瞬低再始動グループ (G1 to G6) に分類して縮約化を行い、縮約電動機 (Composite Motor) として入力した。
- 需要率 (Demand Factor) は、下記のように設定した。
 - N (Normal) : 100%
 - I (Intermittent) : 50%
 - S (Spare) : 0%
- 負荷率 (% Loading) は、“BHP(kW) / Actual Rated Motor(kW)” をベースとし、初期チューニング時に調整

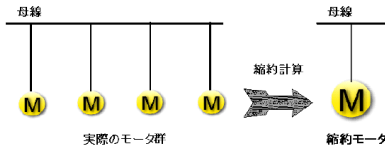
誘導電動機の縮約

- 30kW 未満の低圧電動機は、配電盤毎に分類し、さらに瞬低再始動グループ毎に分類して、1台の電動機に縮約
- 縮約した電動機データを e-DPP から ETAP にインポート

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 誘導電動機の縮約 (1/2)



複数台の誘導電動機を1台の誘導電動機に縮約



容量	kVA ₁	kVA ₂	kVA ₃	kVA ₄		kVA ₀
極数	Pole ₁	Pole ₂	Pole ₃	Pole ₄		Pole ₀
慣性定数	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄		H ₀
負荷率	%Load ₁	%Load ₂	%Load ₃	%Load ₄		%Load ₀

縮約モータの容量 kW₀ と kVA₀ は個々のモータ容量の合計として計算されます:

$$kW_0 = \sum_{i=1}^n kW_i$$

$$kVA_0 = \sum_{i=1}^n kVA_i$$

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 誘導電動機の縮約 (2/2)



縮約モータの慣性定数 H₀ と負荷率 %Load₀ は、それぞれ個々の容量 kW_i と kVA_i の加重平均として計算されます:

$$H_0 = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \times kVA_i}{kVA_0} \text{ (sec)}$$

$$\%Load_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \%Load_i \times kW_i}{kW_0}$$

縮約モータの極数 Pole₀ は以下のステップで決定されます:

- ステップ 1: 同じ極数のモータの kW を合計する
- ステップ 2: 合計された kW が最大である極数を選ぶ

慣性定数 H はモータ、負荷およびカップリングの合計値であり、以下の計算式によって計算されます:

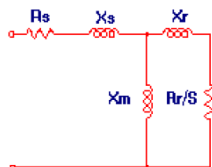
$$H = \frac{5.48 \times 10^{-9} \times WR^2 \times RPM^2}{MVA} \text{ (sec)}$$

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 誘導電動機の Dynamic Modeling (等価回路定数の推定)



誘導電動機の等価回路定数

等価回路定数を ETAP の Parameter Estimation プログラムを用いて推定した。



- Rs - Stator Resistance (%)
- Xs - Stator Reactance (%)
- Xm - Magnetizing Reactance (%)
- Xrlr - Rotor Reactance @ locked rotor (%)
- Xrfl - Rotor Reactance @ full load (%)
- Rrlr - Rotor Resistance @ locked rotor (%)
- Rrfl - Rotor Resistance @ full load (%)

データが不明の場合は、下記のデータを適用

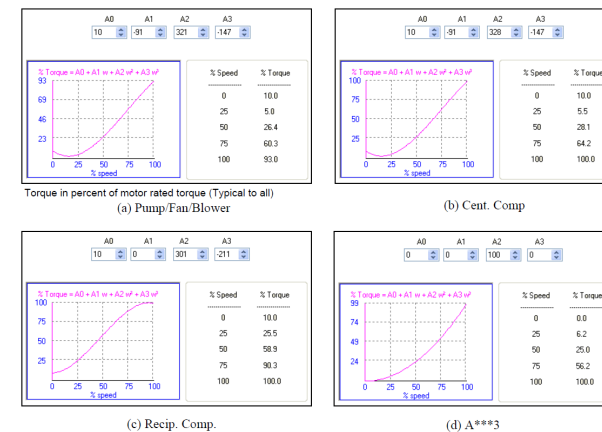
拘束トルク	125% (100 - 150 % as per NEMA Design B motor, Table 3, MG-2-2001)
最大トルク	225% (as per NEMA Design B motor, Table 3, MG-2-2001)
すべり	Motor List による
拘束電流	Motor List による
拘束力率	30%
全負荷力率	Motor List による
全負荷効率	Motor List による

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 誘導電動機の Dynamic Modeling (負荷トルクおよび慣性定数 H)



負荷トルクは負荷のタイプにより、ETAP ライブラリのモデルを適用

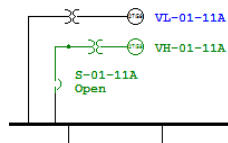
慣性定数 (Inertia Constant H) は、できる限りメーカーデータを適用



データが入りできない場合は、下記の値を適用した。

- (1) Pump は 0.4
- (2) 両吸込み遠心ファン等は 6.0
- (3) ファン GC-590 はメーカーデータ 6.912 を適用

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 瞬低再始動のモデリング



瞬低再始動グループ:

電圧回復後 0 sec (即再始動), 1 sec, 2 sec, 3 sec, 4sec,
5 sec, 6sec 後に再始動の7グループ
+ 再始動しないグループ

瞬低再始動の設定 (低圧負荷の場合)

母線電圧が 65% 以下に低下

☆ この母線に接続された電磁接触器
が離落 (0.02秒後に離落)

☆ 過電圧継電器を ON にする

母線電圧が 90% 以上に回復

☆ 瞬低再始動順序に従って、電磁接触
器を再投入 (0.02秒後に閉じる)

UnderVoltage (27) Control Interlock

Setting	Unit	CB ID	Action	Delay
55	V %	S-L11A1-2	Open	
55	V %	S-L11A2-1	Open	
55	V %	S-L11A3-1	Open	

OverVoltage (59) Control Interlock

Setting	Unit	CB ID	Action	Delay
80	V %	S-L11A1-2	Close	
80	V %	S-L11A2-1	Close	
80	V %	S-L11A3-1	Close	

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析のシナリオ (1/2)



(1) 瞬時電圧低下

S-TS-1-1 受電点 (Bus-U12) にて残留電圧 0%, 継続時間 0.2 秒の瞬低が生じた。
第 4 項の設定に基づき、全ての高圧および低圧電動機用の電磁接触器が電圧低下に伴い離落し、電圧回復後に再始動順序に従って再投入する。

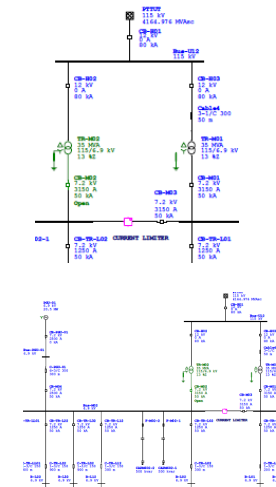
S-TS-1-1 受電点 (Bus-U12) にて残留電圧 0%, 継続時間 0.3 秒の瞬低が生じた。
このケースでは、電圧が低下しても電磁接触器は離落せず、「閉」の状態を保持するものとした。

(2) 系統解列

S-TS-2-1 受電点 (Bus-U12) で完全短絡事故が生じ、0.1 秒後に系統が解列する。
第 4 項の設定に基づき、全ての高圧および低圧電動機用の電磁接触器が電圧低下に伴い離落し、電圧回復後に再始動順序に従って再投入する。

S-TS-2-2 受電点 (Bus-U12) で完全短絡事故が生じ、0.1 秒後に系統が解列する。
このケースでは、電圧が低下しても電磁接触器は離落せず、「閉」の状態を保持するものとした。

S-TS-2-3 受電点 (Bus-U12) で完全短絡事故が生じ、0.1 秒後に系統が解列する。
このケースでは、シナリオ S-TS-2-2 と同様、電圧が低下しても電磁接触器は離落せず、「閉」の状態を保持するものとした。
さらに、負荷容量 6.5MW 相当の負荷選択遮断を行うものとした。



実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析のシナリオ (2/2)



条件設定

1. 瞬低再始動グループ

表 2-1: 各再始動グループの再始動時間

再始動グループ	G0	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Gn
再始動時間[sec]	0 (即再始動)	1	2	3	4	5	6	再始動しない

- 自家発電設備は稼働していないものとした(商用電源で運転)
- 電磁接触器の特性は、電圧が65%以下に低下すると離落
- 電磁接触器の再閉路は電圧が90%に回復後時間をカウント
- 電磁接触器の開閉時間は 0.02sec と想定
- 高圧電動機用の電磁接触器は「閉路維持方式」に改造 (制御電源をUPS化)
- 受電点 115kVの母線電圧が10%に低下と想定 (残留電圧10%)
- 瞬低継続時間は、0.3sec の場合と 0.2sec の場合を検討

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (1/6)



Case 1:

残留電圧 10%, 瞬低継続時間 0.3sec

高圧電動機および低圧電動機 : G0 即始動, G1 to G6 順序再始動, Gn 始動しない

母線電圧 76% に低下 => Good

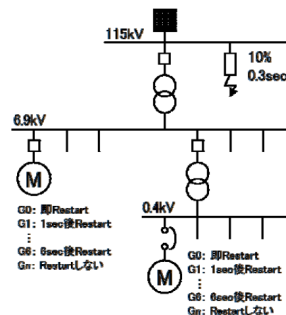


図 3-1a : ケース 1

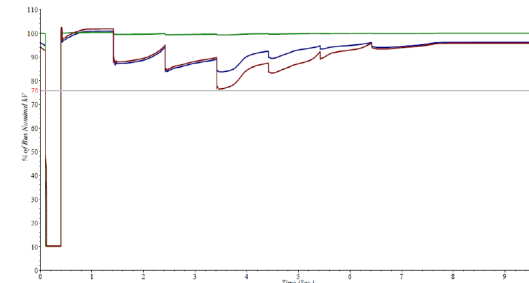


図 3-2a : ケース 1 母線電圧

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (2/6)



Case 2:

残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2sec
 高圧電動機および低圧電動機 : G0 to Gn 全て即始動
 母線電圧 46% に低下 => Bad

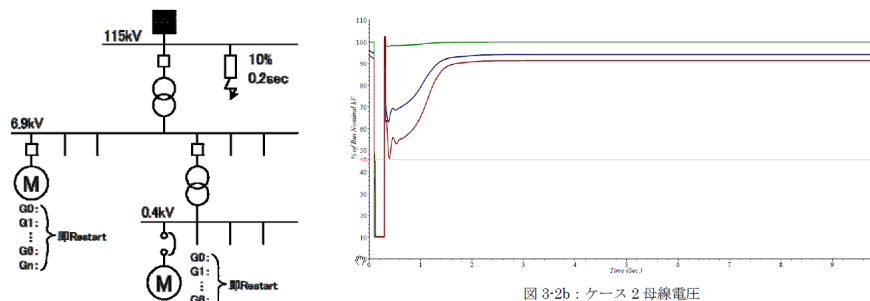


図 3-1b : ケース 2

図 3-2b : ケース 2 母線電圧

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (3/6)



Case 3:

残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2sec
 高圧電動機および低圧電動機 : G0 to G6 即始動、Gn 始動しない
 母線電圧 54% に低下 => Bad

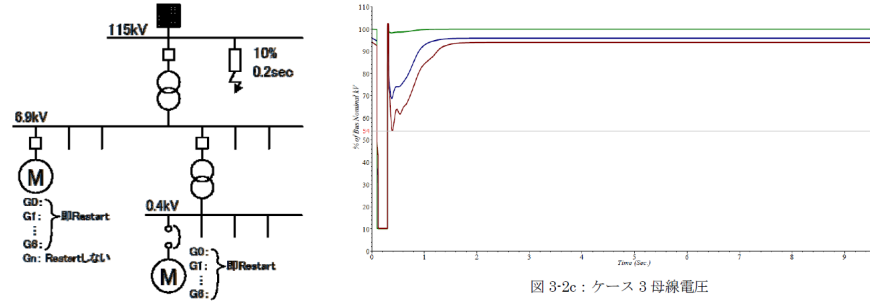


図 3-1c : ケース 3

図 3-2c : ケース 3 母線電圧

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (4/6)



Case 4:

残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2sec
 高圧電動機 : G0 即始動、G1 to G6 順序再始動、Gn 始動しない、低圧電動機 : 全て即始動
 母線電圧 68% に低下 (> 65%) => Fair

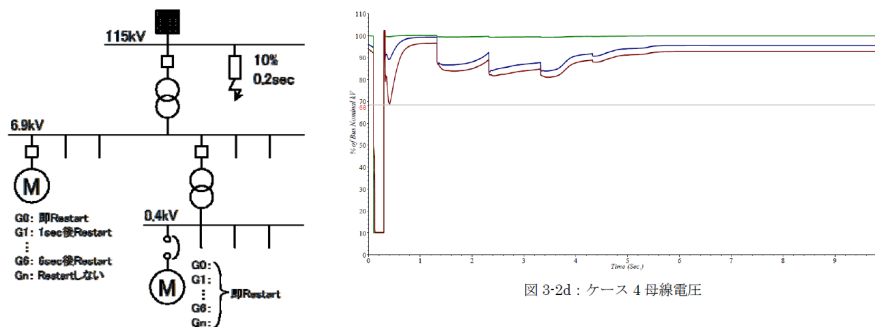


図 3-1d : ケース 4

図 3-2d : ケース 4 母線電圧

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (5/6)



Case 5:

残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2sec
 高圧電動機 : G0 即始動、G1 to G6 順序再始動、Gn 始動しない、低圧電動機 : G0 to G6 即始動、Gn 始動しない
 母線電圧 75% に低下 => Good

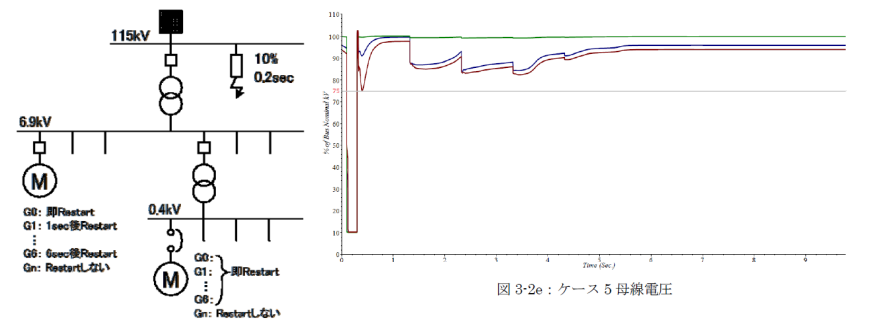


図 3-1e : ケース 5

図 3-2e : ケース 5 母線電圧

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 解析結果 (6/6)



実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 保護装置不要動作の検討 (1/2)



結果のまとめ

1. 所定の再始動方針 (G0 即再始動, G1 to G6 順序再始動, Gn 始動しない) の場合、残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.3 sec まで、再始動が可能 (Case 1)
2. 残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2 sec の場合、低圧電動機を全て「即再始動」としても、何とか始動できそう (Case 4)
3. 残留電圧 10%、瞬低継続時間 0.2 sec の場合、低圧電動機 Gn を再始動しないとすれば、確実に再始動できる (Case 5)

表 3-1: スタディケース・結果

ケース	瞬低時受電点電圧[%]	瞬低継続時間[sec]	再始動方法				LV 母線電圧[%]	良否
			MV モータ		LV モータ			
			G0~G6	Gn	G0~G6	Gn		
1	10	0.3	標準	標準	標準	標準	76%	○
2			即再始動	即再始動	即再始動	即再始動	46%	×
3		0.2	即再始動	標準	即再始動	標準	54%	×
4			標準	標準	即再始動	即再始動	68%	△
5			標準	標準	即再始動	標準	75%	○

高圧電動機用サーマルリレー

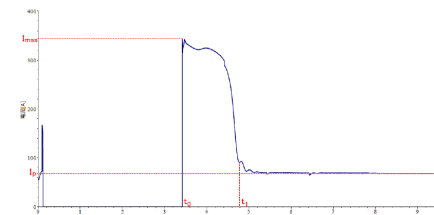


図 1: MV モータ電流グラフ例 (UP-512C)

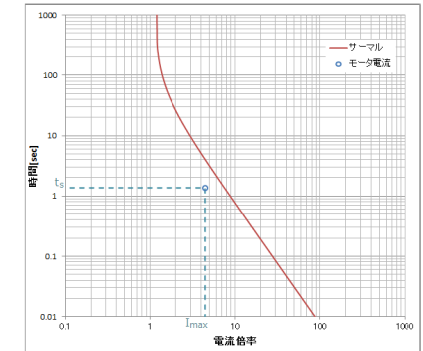


図 2: サーマル特性 (UP-512C、ケース(1))

実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 保護装置不要動作の検討 (2/2)



実例紹介 (3) : 商用停電および瞬低対策 電動機再始動電流による不要動作の検討 (別案件での検討例)



変圧器過電流リレー

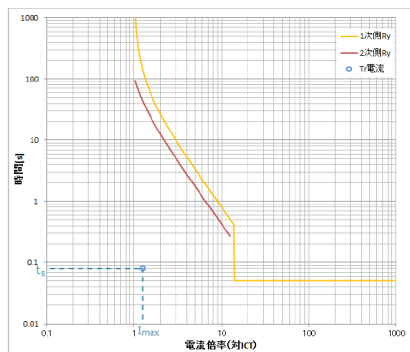


図 3: OCR 特性 (L01、ケース(5))

MCC 流入電流 (ACB)

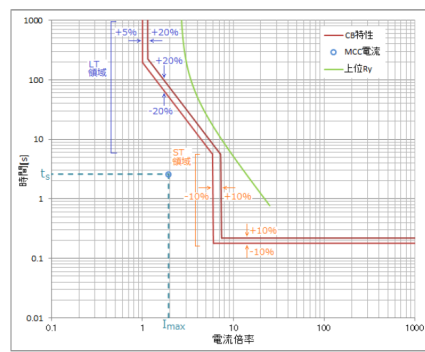


図 4: ACB 動作特性 (MCC: L01A、ケース(1))

