

# 2021-0094（保護協調） 保護協調の必要性和作図

## <質問>

保護協調の検討にあたっての心構え、検討するために必要な知識、保護協調図の作成方法について教えてください。

## <回答>

これまでのQ&A（質疑応答）の中で、保護協調に関して、**質問番号 2020-0016** でアークフラッシュ計算に必要な事故除去時間（FCT）を求める、**質問番号 2020-0062** で距離継電器を設定するためのツールとしての **etap StarZ™**、**質問番号 2020-0063** で電動機群が瞬低後に順序再始動する場合の保護協調、**質問番号 2021-0085** で電動機の始動電流および熱的強度（ $I^2t$ ）を考慮した保護協調について、その都度ご質問に対する回答として説明してきました。

ここでは、保護協調についての理解を深めるために、**1. 保護協調の必要性** **2. 保護協調図の作成方法** **3. 保護協調プログラムの新しい機能** について説明します。

## 1. 保護協調の必要性

保護協調の検討は単に理論的な検討だけでなく、経済性、系統運用上の安全性、電気設備の保護、運転員に対する安全性（アークフラッシュ保護）、これまでに経験した事故に基づく検討、ベテランの経験に学んだ検討が必要である。

- ① 電気系統の短絡事故、電動機の始動失敗（始動渋滞）などの事故が生じた場合に、速やかに事故を検出し、速やかに事故区間を切り離すように保護装置を設定する。
- ② 発電機、変圧器、電動機およびケーブルなどの電気設備を、短絡電流や過負荷電流による損傷から防ぐために、熱的強度（ $I^2t$ ）以内に動作するように保護装置を設定する。（図1参照）
- ③ 変圧器の突入電流、電動機の始動電流、瞬低後の電動機群の順序始動電流などによって、保護装置が誤って動作することが無いように設定する。（図2参照）
- ④ 系統の上流および下流の保護装置の協調が互いに正しく取られ、事故区間以外の系統が不必要に遮断されることの無いように所定の時間間隔（CTI：Coordination Time Interval）をとって保護装置を設定する。（図3参照）
- ⑤ アークフラッシュ計算において、運転員をアーク事故から守るために、事故エネルギーを必要なレベル以下に抑えるよう事故除去時間（FCT：Fault Clearing Time）を考慮して保護装置を設定する。（図4参照）
- ⑥ 過電流保護だけでは協調が取れない場合は、比率作動継電器、母線保護継電器、距離継電器などによる保護についても検討する。電圧継電器や周波数継電器などとのインターロック、他の系統とのインターロック、化学工場などではプロセスインターロックなども併せて検討すると良い。

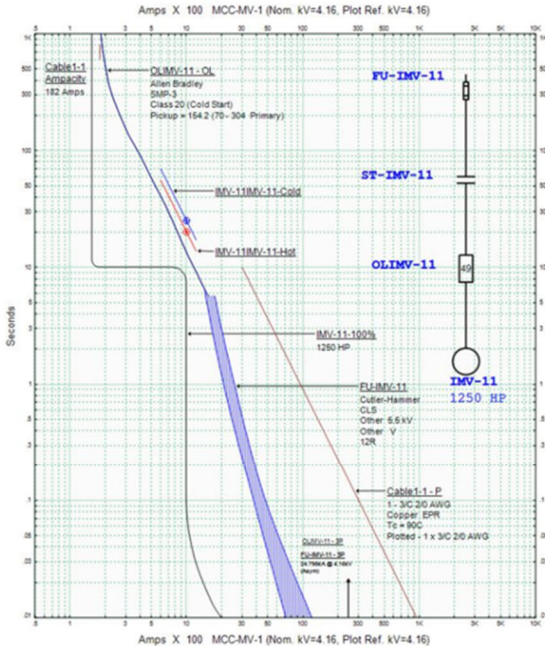


図1：電動機系統の保護協調の例

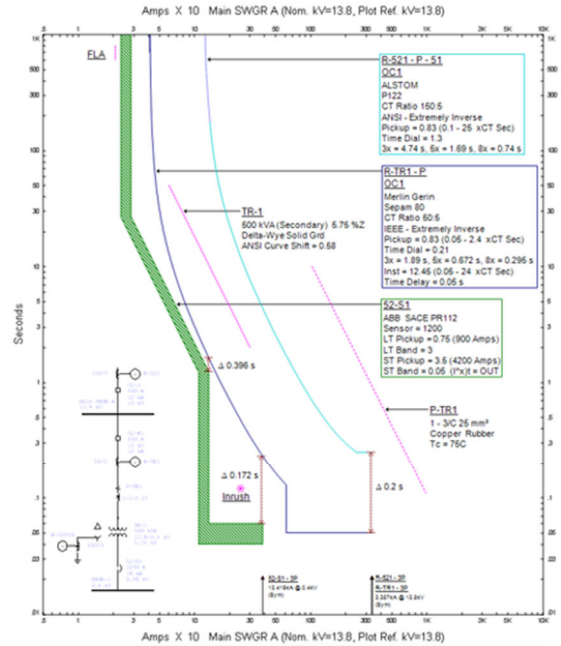


図2：変圧器系統の保護協調の例

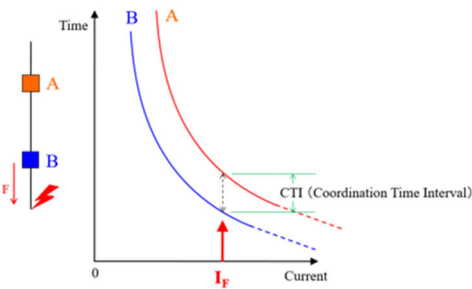


図3：保護装置の時間間隔 (CTI : Coordination Time Interval)

時間間隔 (CTI : Coordination Time Interval) の例

系統の下流	系統の上流			
	ヒューズ	配線用遮断器	電磁式継電器	静止式継電器
ヒューズ	CS	CS	0.22 (0.27) sec	0.12 (0.17) sec
配線用遮断器	CS	CS	0.22 (0.27) sec	0.12 (0.17) sec
電磁式継電器	0.2 sec	0.2 sec	0.3 (0.35) sec	0.2 (0.25) sec
静止式継電器	0.2 sec	0.2 sec	0.3 (0.35) sec	0.2 (0.25) sec

Notes: 1. CS (Clear space): 上流の最りの溶解曲線あるいは動作曲線との間を取る  
2. 現場での動作試験が未完の場合は ( ) 内の時間を取る

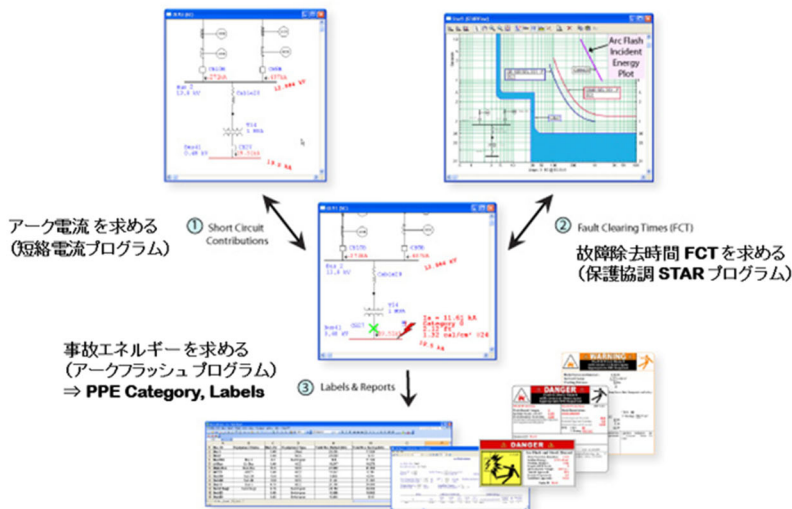


図4：アーク電流と事故除去時間 (FCT) から事故エネルギーを求める

## 2. 保護協調図の作成方法

上記の保護協調の必要性を考慮して、保護協調についての検討を進めるための手順について、下図（図5）の系統図を基に説明します。作成手順については、[保護協調図の作成手順.pdf](#) をクリックしてご参照下さい。

この資料は電力系統解析ソフトウェア etap の保護協調のトレーニングに用いている資料である。（etap については株式会社エルテクスにお問い合わせ下さい）

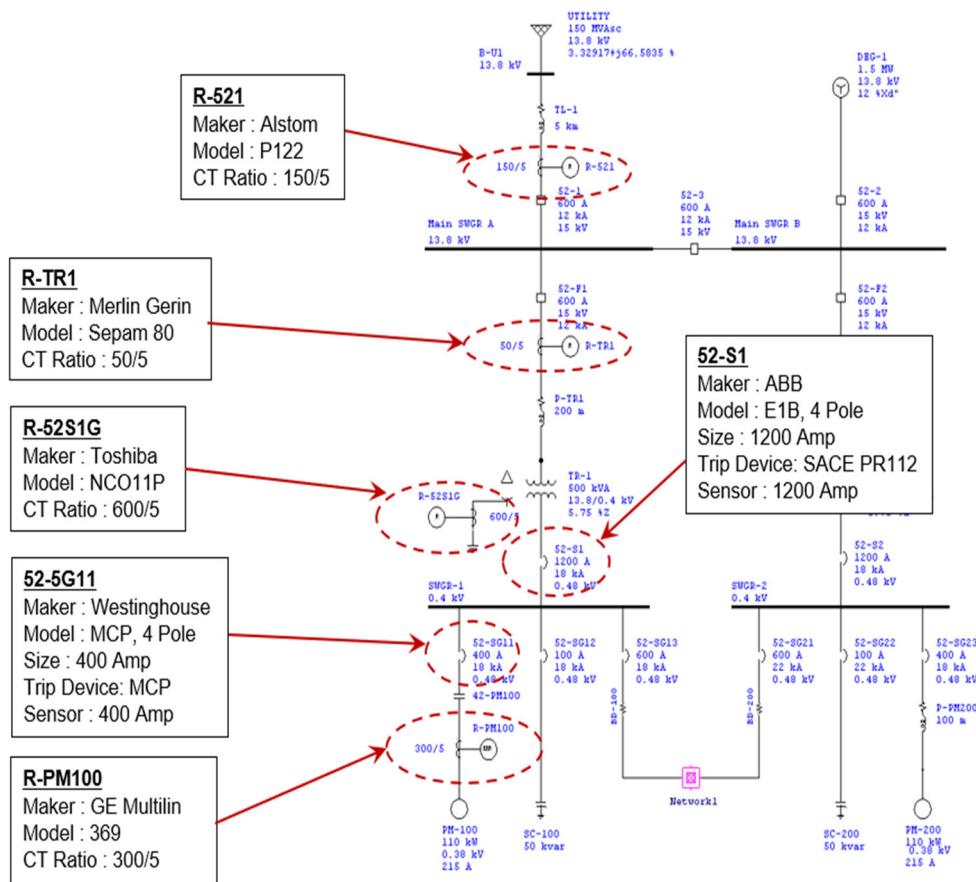


図5：保護協調図の作成方法（例題）

## 3. 保護協調プログラムの新しい機能

従来の保護協調プログラムの機能、例えば、「 a. 単線系統図および短絡電流計算結果とリンクして保護協調図を作成 b. 海外および国内の保護装置のデータが登録されている c. 自分で保護装置のデータを登録できる d. 保護協調図の画面から直接保護装置のカーブを動かして協調図を作成できる e. 保護協調図の体裁を自由に設定して作図できる」などの機能に加えて、最近の保護協調プログラムには、下記のような新しい機能が組み込まれています。

① 保護装置の動作順序の確認

指定した事故点に対して、保護装置の動作順序（協調）を確認できる。

（図 6 および下記の URL 参照）

<https://etap.com/product/star-sequence-of-operation>

② 保護協調図の自動作成および自動調整

規定した保護協調のルールに基づいて、保護協調図を自動作成および自動調整する。

（図 7 および下記の URL 参照）

<https://etap.com/product/star-auto-evaluation>

③ 距離継電器の計算と設定 (etap StarZ™)

継電器設置点から故障点までのインピーダンスを求め、故障点が保護区間内にある時に動作する距離継電器についての計算と設定を行う。（図 8 および下記の URL 参照）

<https://etap.com/ja/product/starz-distance-relay-coordination>

④ 現場の保護装置とリンクした保護協調 (etap eProtect™)

現場の保護装置と保護協調図がリンクして保護協調の妥当性を常に監視し、システム統合、運転員トレーニング、メンテナンス後の保護装置のデータ管理など、一元化された保護資産管理を行う。（図 9 および下記の URL 参照）

<https://etap.com/solutions/eprotect>

⑤ 保護装置設定表の自動作成

作成した保護協調図を基に、保護装置設定表を自動的に作成する。

（図 10 および下記の URL 参照）

<https://etap.com/ja/product/star-protective-device-coordination-software>

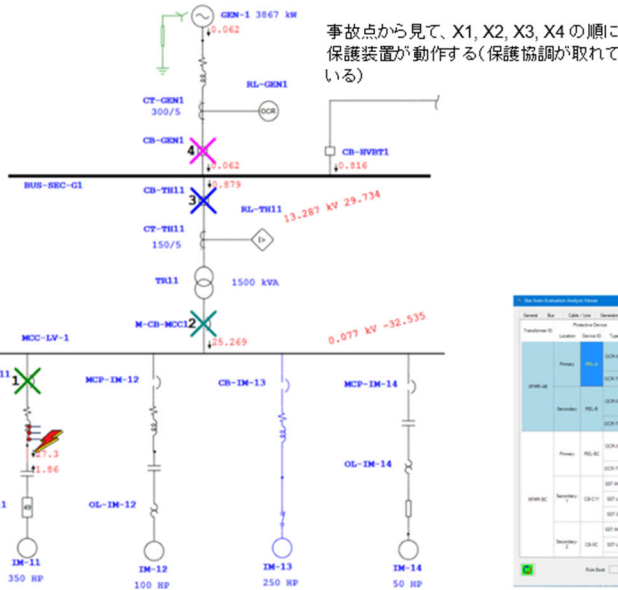


図6：保護装置の動作順序（協調が取れていることを確認）

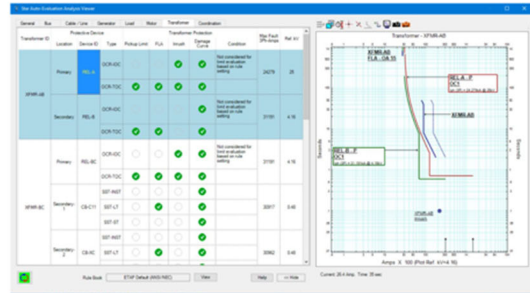
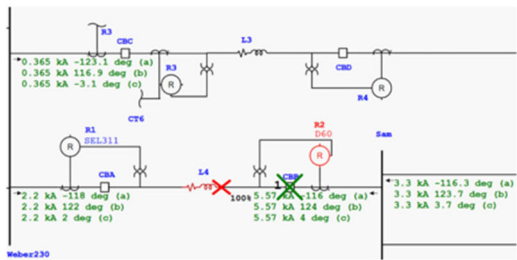


図7：保護協調図を自動作成および自動調整



システム全体の保護を解析および改善し、誤ったトリップのトラブルシューティングを行い、定常状態および過渡動作下での保護装置の正確な動作特性と状態を提供します。

- ✓ リレー設定とロジックの人的エラーを削減
- ✓ モデル固有の保護設定をシミュレート
- ✓ 高度な電力潮流と事故解析
- ✓ 統合された保護と動態安定度
- ✓ 保護装置の動作シーケンス
- ✓ 包括的なリレーラプリアモデル

図8：距離継電器の計算と設定 (etap Star2™)



図9：現場と一元化された保護資産管理 (etap eProtect™)

Bus / Substation ID	LVCB ID	Breaker Manufacturer & Model	Trip Device Model	Sensor/ Fram	Rating Plug	Function	Long Time			Short-Time / Ground			Inst. / Maintenance		
							Setting	Trip (Amps)	Band	Setting	Trip (Amps)	Band	I't	Setting	Trip (Amps)
							Pickup	Delay	Pickup	Delay	Pickup				
SGR 104-0	CB 104-0B	General Electric AKR-50	M/T-Plus (AKR LVPCB)	1600 (LSIG)	1600	Phase	0.95	1520	4	3	4560	Min	OUT	5	8000
SGR 104-0	CB 104-0A	General Electric AKR-50	M/T-Plus (AKR LVPCB)	1600 (LSIG)	1600	Phase	0.95	1520	4	3	4560	Min	OUT	5	8000
SUB 2A	CB 109-3D	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Int	IN	5	4000
SUB 2A	CB 109-3C	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Int	IN	5	4000
SUB 5	CB 109-3A	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	4	2560	Int	IN	7	5600
SUB 5	CB 109-3B	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	3	5	3200	Max	IN	5	4000
SUB 10B	CB 109-3 S	General Electric AKR-75	RMS-9 (LVPCB)	3200 (LSIG)	3200	Phase	0.8	2560	3	3	7680	Min	OUT	5	16000
SGR 109-4	CB 109-4B	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Int	IN	5	4000
SGR 109-4	CB 109-4C	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Int	IN	9	7200
SGR 109-4	CB 109-4D	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Min	IN	5	4000
SGR 109-4	CB 109-4A	General Electric AKR-30H	RMS-9 (LVPCB)	800 (LSIG)	800	Phase	0.8	640	2	3	1920	Int	IN	5	4000

図10：保護協調図から保護継電器設定表を自動的に作成