

目次

- 4. 1 電力系統に起こる事故の種類
- 4. 2 電力系統に起こる事故の影響
- 4. 3 電力系統に起こる事故の原因

概要

電力系統で発生する事故に対し、適切に保護リレーを動作させ電力の安定供給を維持するためには、その種類と影響を理解する必要がある。

本章では、主に送電線を例に、事故の種類とその影響、および事故の原因となる自然災害等について説明する。

4.1 電力系統に起こる事故の種類

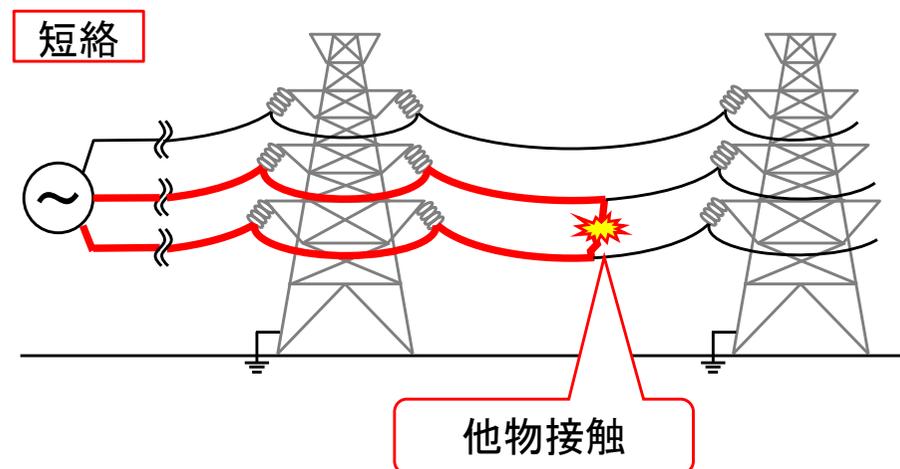
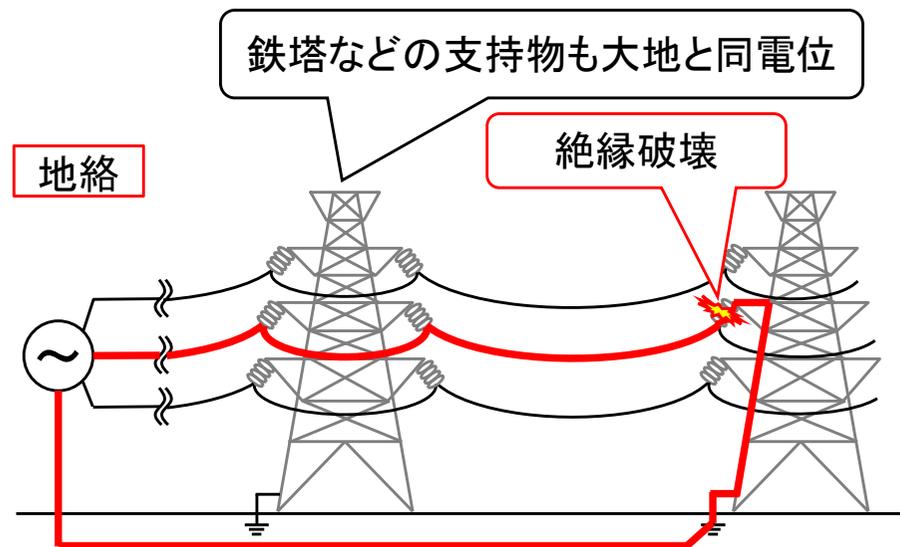
4.1.1 事故の種類

○地絡

落雷による電圧上昇や塩害で絶縁破壊に至ったり、他物接触により送電線から鉄塔を通じて大地に電流が流れる状態。地絡事故時に流れる電流は中性点接地方式により異なる。

○短絡

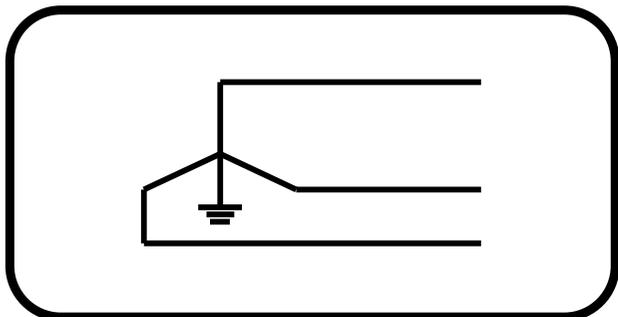
他物接触や風雪害等で相間が接触することにより発生する。短絡時には大電流が流れる。



コラム①

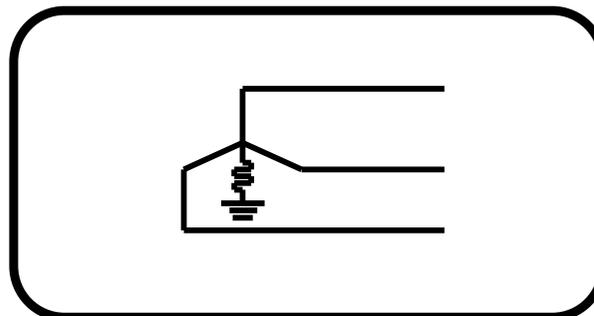
地絡事故時における電流の流れ－1

直接接地方式



- ・適用電圧階級
(国内):
66～500kV
- ・地絡電流:
数千～数万A程度

抵抗接地(NGR)方式



- ・適用電圧階級
(国内):
22～154kV
- ・地絡電流:
数百A程度

1線地絡時の健全相の電位上昇がほとんどないが、インピーダンスがほぼ送電線分のみとなるため、事故相には大電流が流れる。

- ・健全相の電圧上昇がほとんどないことから、絶縁設計およびコスト面で有利
- ・事故点抵抗の大きな場合を除いて自然に事故が消滅することはない
- ・大電流による機器への損傷のおそれや、通信線への誘導障害の影響が大きい

数百Ωの中性点接地抵抗器(NGR)により地絡事故電流を制限する。

- ・地絡電流を制限するため、通信線への誘導障害が少ない一方、地絡保護リレーを高感度にする必要がある
- ・健全相の電位上昇があるため絶縁設計上の配慮が必要
- ・事故点抵抗の大きな場合を除いて自然に事故が消滅することはない

中性点接地方式に関する参考文献

文献名称	出版元
電気学会技術報告1331号 保護リレーの方式・運用の現状と海外技術動向	電気学会

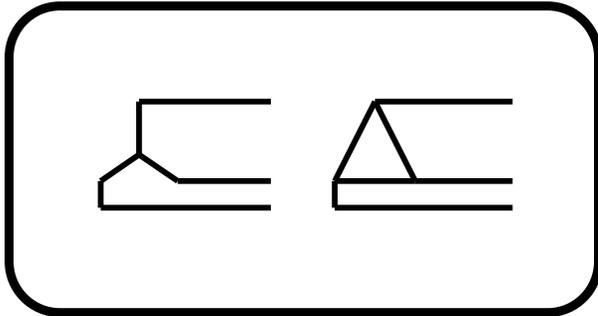


中性点接地方式の違いに伴う地絡電流の比較

コラム①

地絡事故時における電流の流れ－2

非接地方式



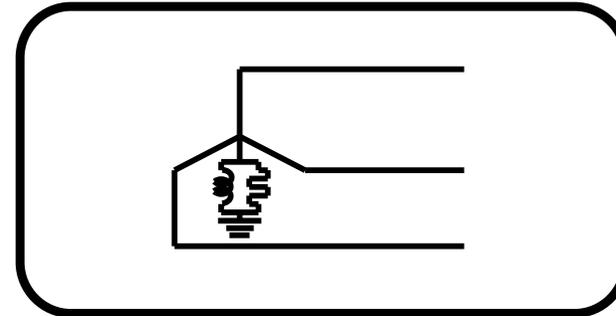
- ・適用電圧階級
(国内):
6.6～66kV
- ・地絡電流:
数A程度

中性点を接地しない(または非常に大きい抵抗を挿入する)ことで、1線地絡事故時の事故電流を抑える(事故電流の流入源は送電線の充電電流※が支配的となる)。

※送電線に電圧が印加されると、コンデンサのように電荷がたまり、地絡事故発生時には電荷が放電される

- ・送電線亘長が短く、電圧階級が低い送配電線系統では1線地絡時の事故電流が小さい
- ・地絡電流が小さいため、リレー動作に至らない系統では零相電圧によってリレーを動作させる必要がある
- ・事故点抵抗の大きな場合を除いて自然に事故が消滅することはない

消弧リアクトル接地(PC・NGR)方式



- ・適用電圧階級
(国内):
66～77kV
- ・地絡電流:
数百A程度

中性点に消弧リアクトル(ペテルゼンコイル:PC)を挿入して、1線地絡時の対地充電電流を消弧リアクトル電流で打ち消し、事故電流の消滅を図る。

- ・1線地絡事故電流が自然消滅する
- ・1線断線時、および不足補償タップ時の1線地絡時に直列共振による異常電圧が発生するおそれがある
- ・系統変更のたびにリアクタンス値の変更が必要
- ・NGR方式と比較し地絡時の遮断時間が長くなる

4.1 電力系統に起こる事故の種類

4.1.2 事故様相と表記方法

例) 二相3線地絡事故(= $2\phi 3LG$)

2ϕ : 2回線での異なる事故相の総数 (1回線事故の場合は省略)

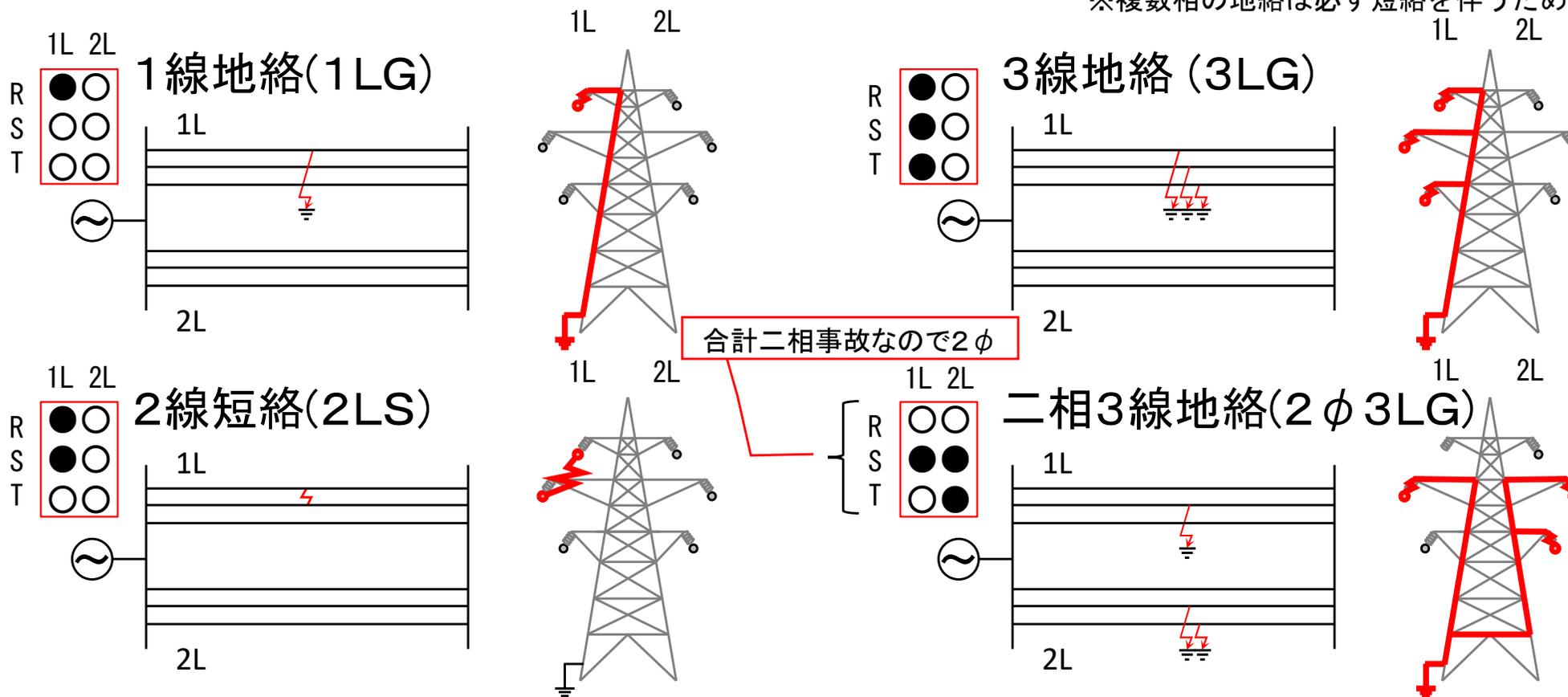
$3L$: 2回線で事故が起こった線数

G : G = 地絡事故, S = 短絡事故 (GかつSとなる場合はGとする※)

※複数相の地絡は必ず短絡を伴うため

事故時の電圧・電流に関する参考文献

文献名称	出版元
保護継電工学	オーム社



4.2 電力系統に起こる事故の影響

○設備の損傷(絶縁の低下, 断線のおそれなど)

187kV以上の高圧系統では絶縁設計の面から直接接地系を採用しており, 事故時には大電流が流れ, 設備損傷のおそれがある。事故電流は電圧階級が高いほど大きい。

○瞬時電圧低下(瞬低)

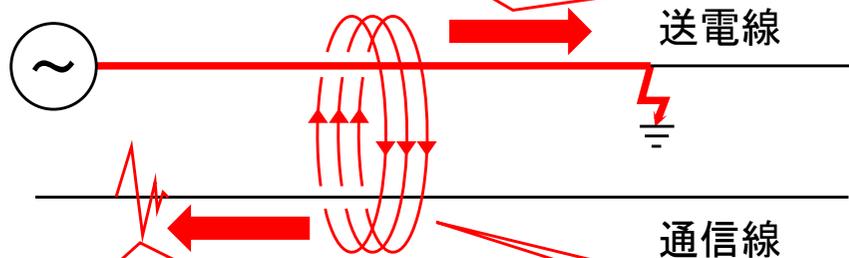
事故時*の保護リレーによる事故除去までの短時間、事故点を中心に広範囲に電圧が低下することにより、需要家設備等が停止するおそれがある。

*短絡事故(二線以上の地絡事故含む), 一線地絡事故(直接接地系のみ)

○通信線への障害

地絡事故や断線事故などにより不平衡な電流が流れ, 近傍の通信線に誘導電流が生じ, 通信障害が発生する。

①事故が発生し, 不平衡な電流が流れる



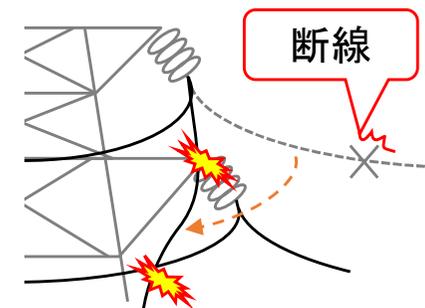
③誘導電圧による通信障害発生

②磁界発生

通信障害が発生する原理



送電線の素線切れ*
(断線に進展)



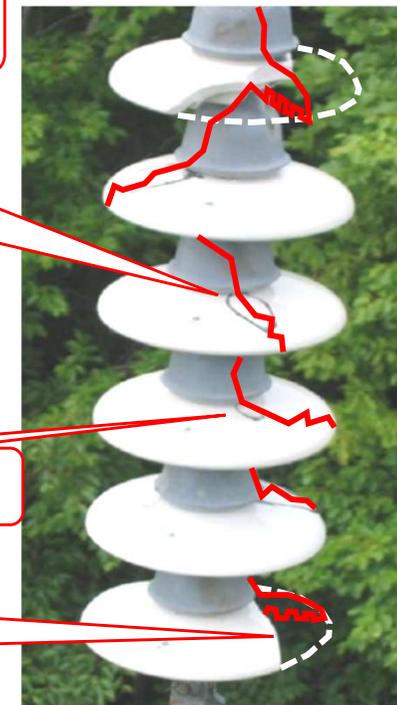
断線すると地絡や短絡に移行する可能性がある

アーク放電の痕跡
(アーク痕*)

*これらは大電流が表面を流れることにより発生する。

事故電流の経路(例)

がいのひび割れ・欠け

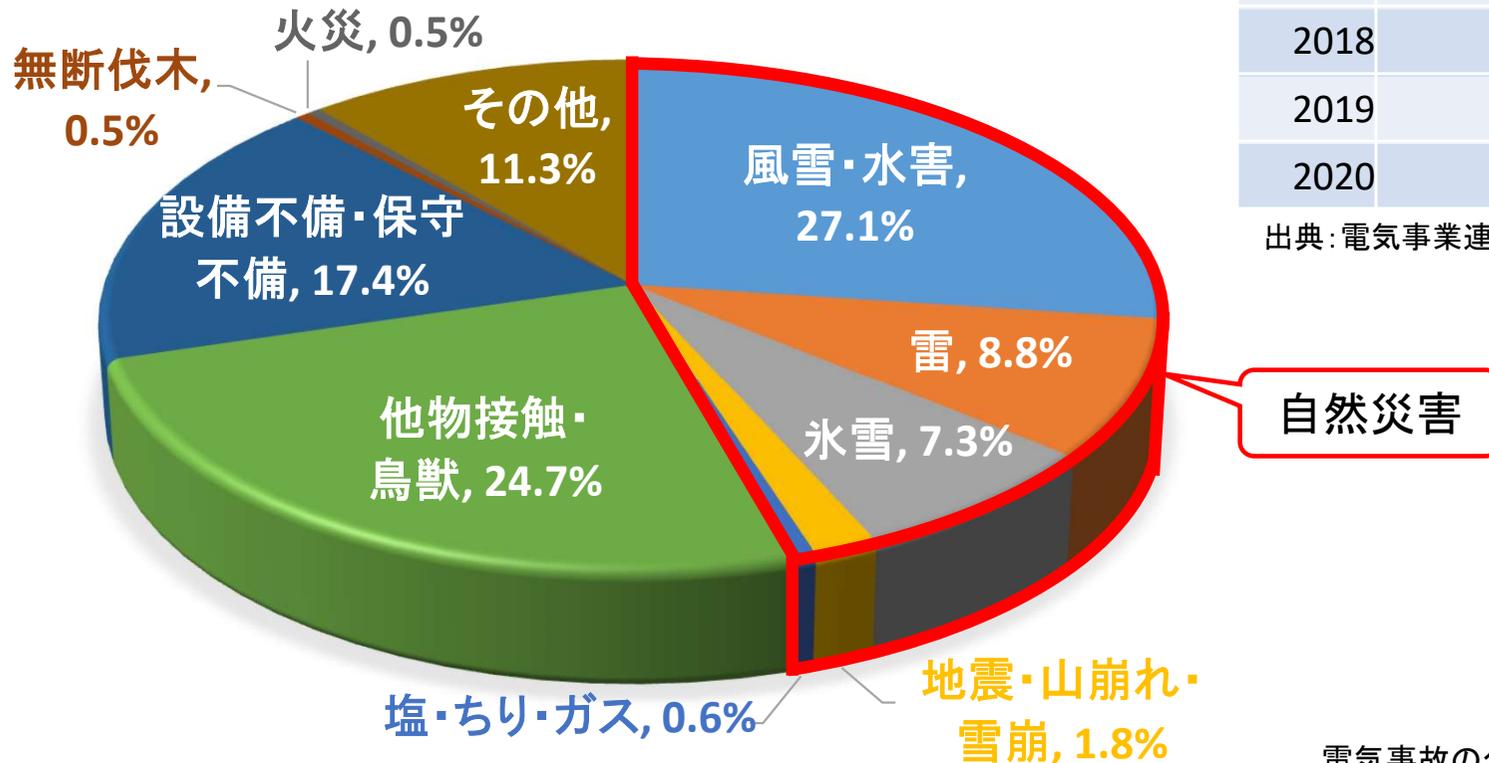


事故による設備の損傷

4.3 電力系統に起こる事故の原因

○事故の内訳

- 自然災害起因の事故は4～6割程度
- 他物・鳥獣接触を含めると6～7割程度



グラフは2020年度の原因別電気事故件数の割合

年度	事故件数	自然災害件数	割合 (%)
2014	11970	5701	47.6
2015	10832	4633	42.8
2016	10733	3873	36.1
2017	13231	6123	46.3
2018	24898	15016	60.3
2019	14494	6056	41.8
2020	13873	6331	45.6

出典: 電気事業連合会 FEPC INFOBASE事故実績調査より

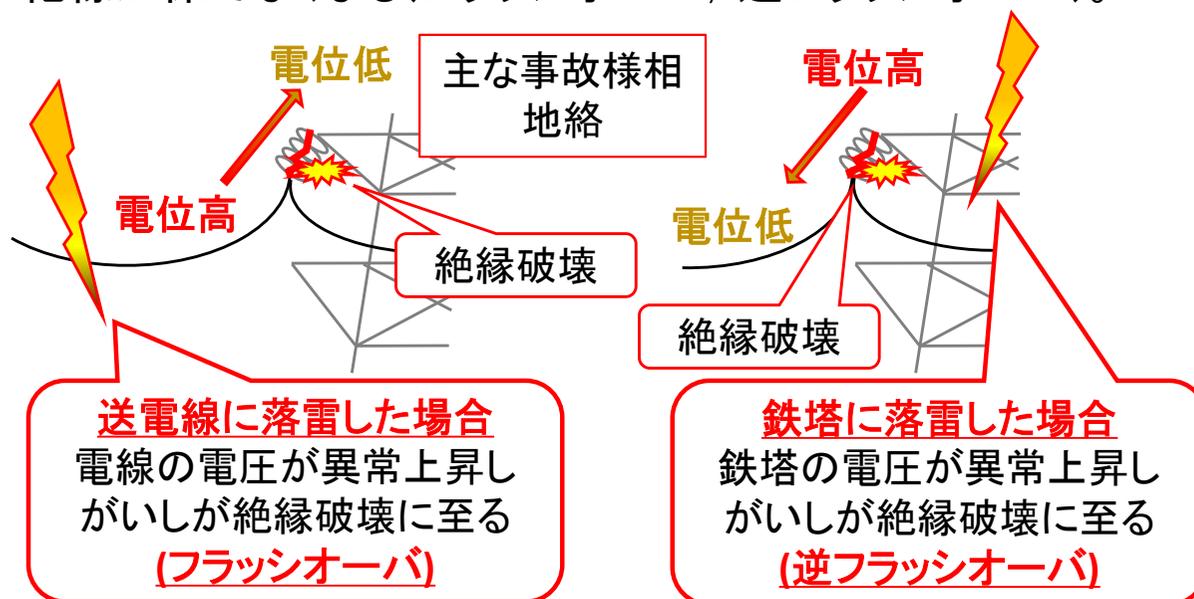
電気事故の分類方法に関する参考文献

文献名称	出版元
定期報告と事故報告の手引	日本電気協会

4.3 電力系統に起こる事故の原因

4.3.1 雷害

○電路への直接の落雷や、周辺の鉄塔などに落雷が起こり、これに伴い発生する高電圧により系統と大地との絶縁が保てなくなる(フラッシュオーバ, 逆フラッシュオーバ)。



送電線に落雷した場合
電線の電圧が異常上昇し
がいしが絶縁破壊に至る
(フラッシュオーバ)

鉄塔に落雷した場合
鉄塔の電圧が異常上昇し
がいしが絶縁破壊に至る
(逆フラッシュオーバ)

・落雷の対象は鉄塔や送電線・架空地線が多いが、実際の絶縁破壊はがいしなどの絶縁物で発生する。変電所構内は避雷器や地線で多重に保護されており、被害は少ない。



出典: 音羽電機工業HP
第3回雷写真コンテスト 学術賞「雷光」

4.3 電力系統に起こる事故の原因

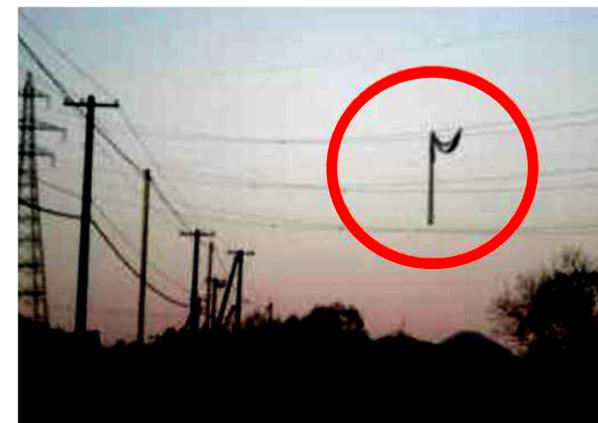
4.3.2 他物・鳥獣接触

○鳥獣や導電性の物質が電力設備に近接または接触し、絶縁を破壊することによる。変電所構内にも発生する可能性があり、相間の離隔が小さい箇所においては短絡事故になることもある。

○鳥獣そのものの接触のほか、カラスなどの巣の部材の接触もあり、巣作りが盛んな春に多発する傾向がある。

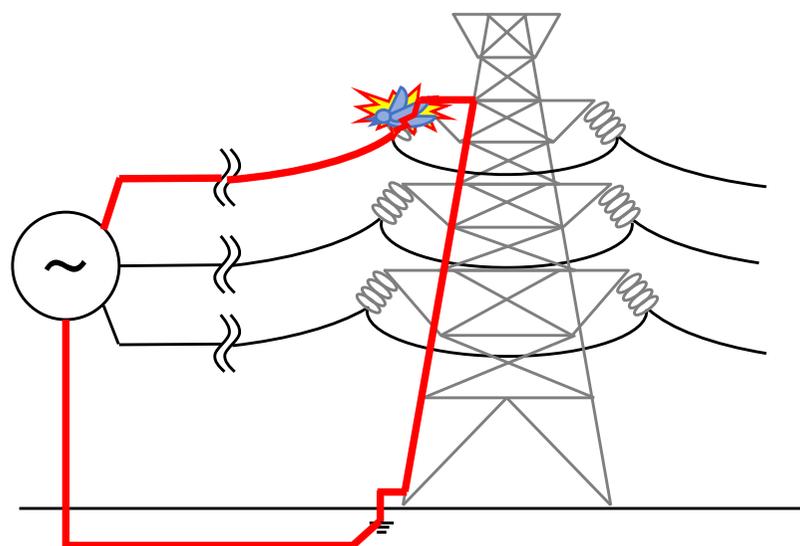


変電所構内に作られた巣

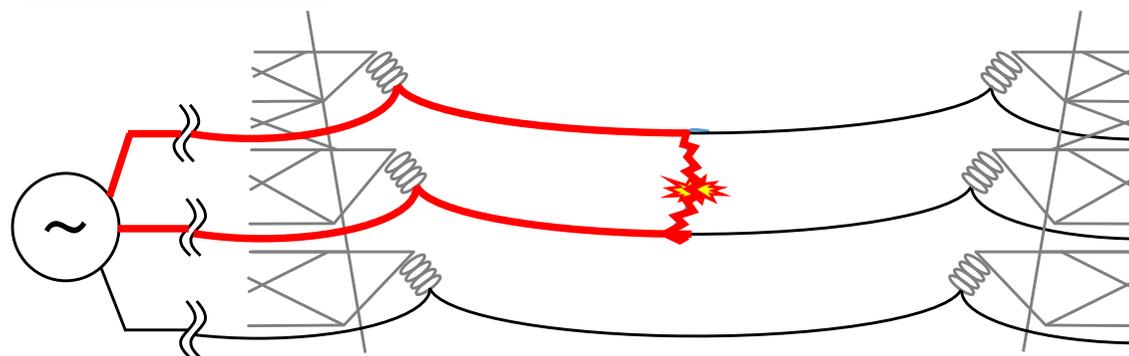


飛来物の接触※

※一連の風雨に伴う飛来物接触は「風雨・水害」に分類される。



主な事故様相
地絡
短絡



4.3 電力系統に起こる事故の原因

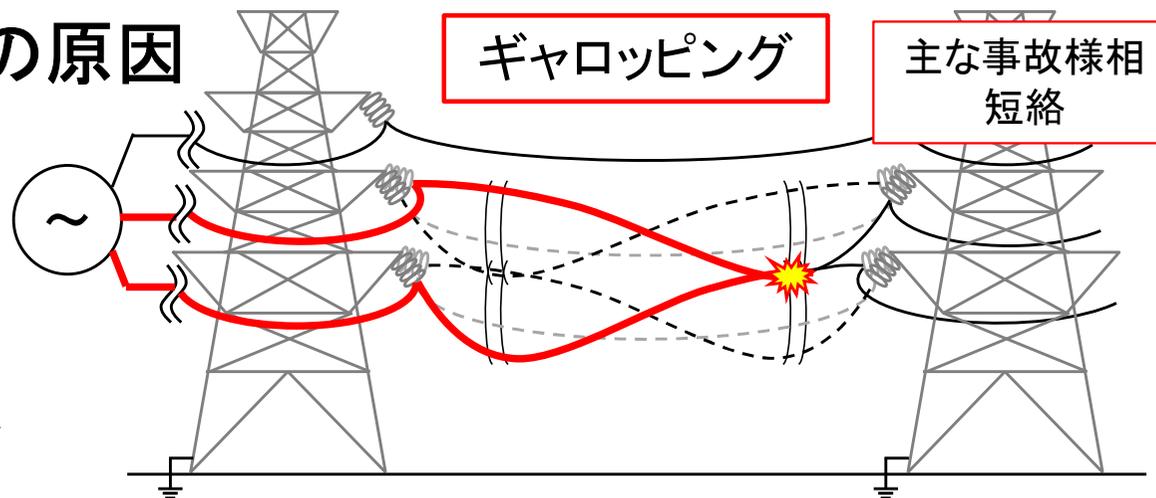
4.3.3 風雪害

○風雪害での主な事故要因は、送電線同士の接触である。

○風雪害に伴う現象の主なものに「**ギャロッピング**」と「**スリートジャンプ**」がある。いずれも2線間の短絡を引き起こす。

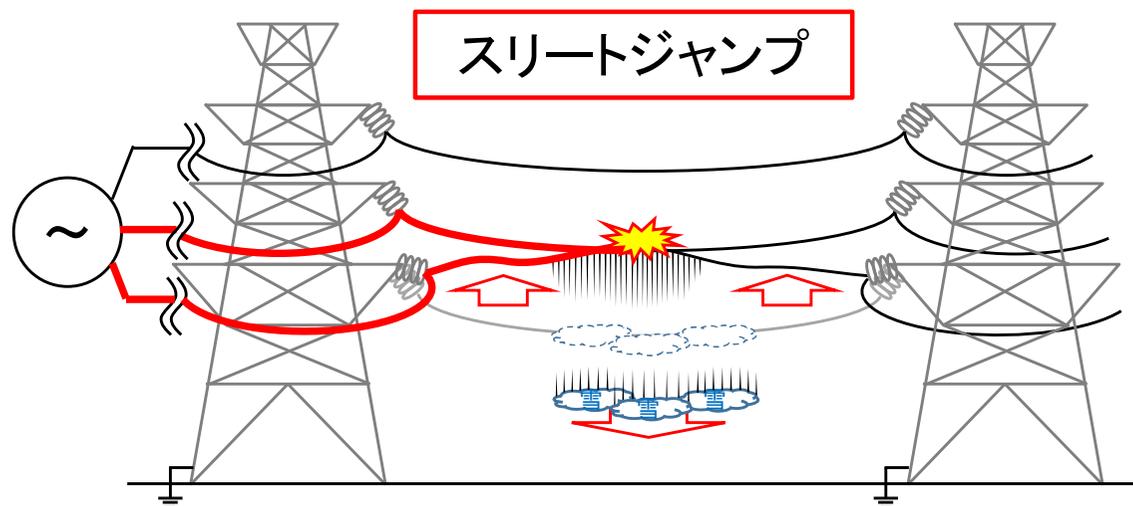


電線への着雪



送電線に着雪・着氷した状態で風にあおられることにより、送電線が上下に激しく振動する現象※

※着雪・着氷を伴わない送電線接触は「風雨・水害」に分類される。



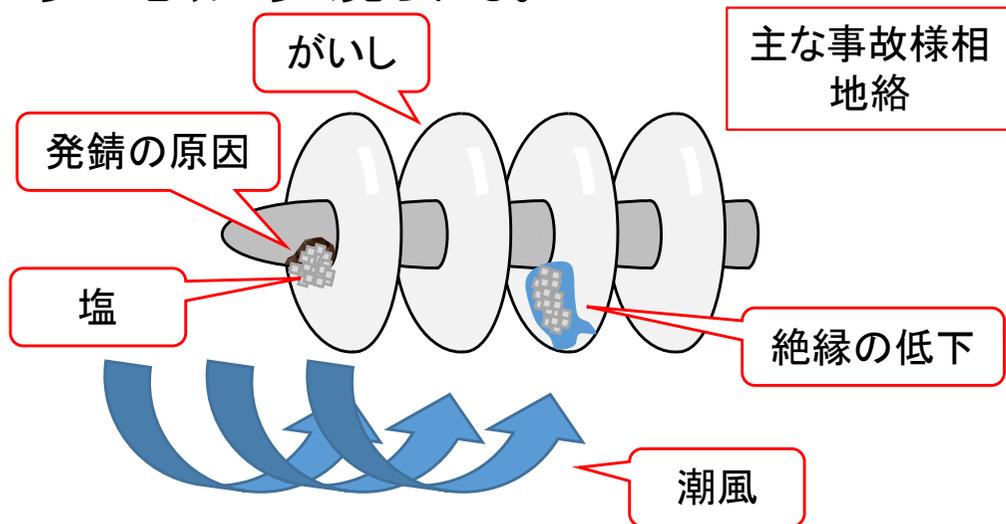
送電線の着雪が落下することにより、反動で送電線が跳ね上がる現象

4.3 電力系統に起こる事故の原因

4.3.4 塩害

○沿岸部において、塩分を含む湿った風が吹き付けることによりがいに塩が付着する。付着する塩分が多くなり、さらに水分を含むと絶縁が低下し、地絡の原因となる。また金属部分へ塩が付着すると発錆の原因となる。

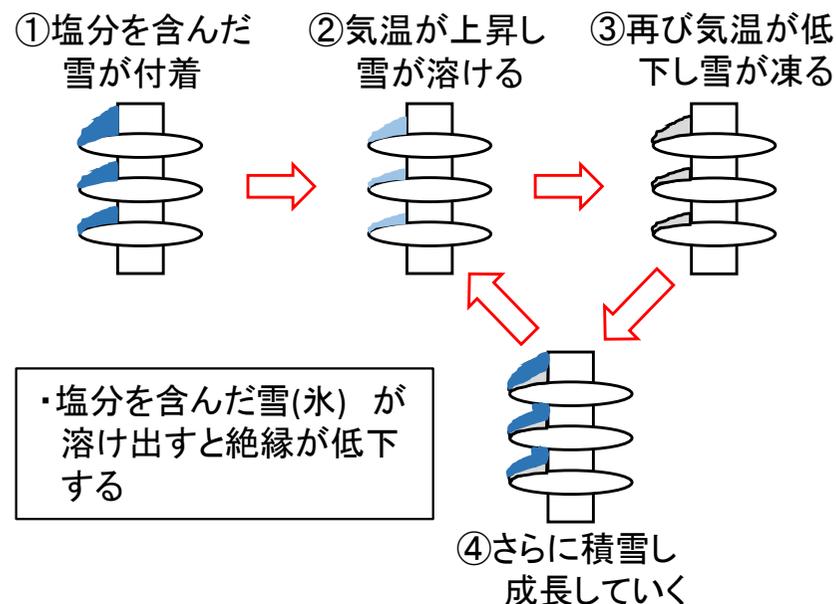
○塩雪害は導電性の高い塩分を含んだ雪が付着することで絶縁が低下し、地絡の原因となる(塩雪害は塩害と比較して設備に塩分が付着することは少ない)。日本海側の冬の季節風や低気圧に伴う風と雪の多い地域に多く見られる。



塩害



塩雪害



塩雪害発生過程

4.3 電力系統に起こる事故の原因

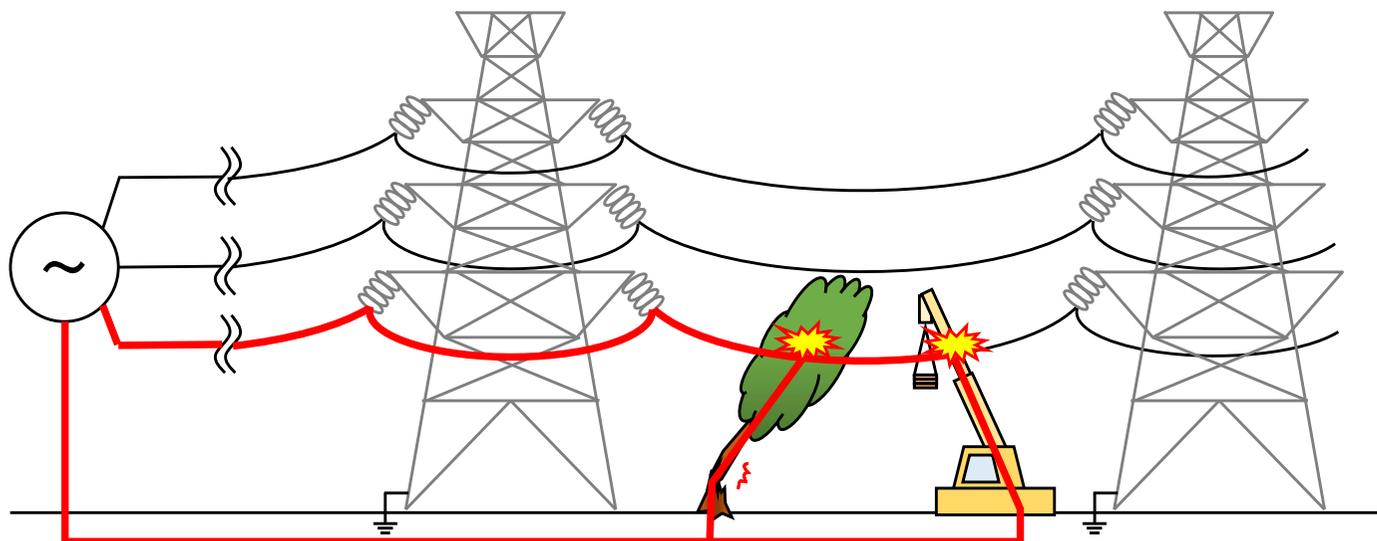
4.3.5 その他

- 鳥獣・飛来物以外で地上からの重機や樹木などが接触する場合がある。地絡を伴う場合が多い。
- 倒木や重機が送電線にかかると、重みで断線に至る可能性もある。
- クレーン車などの重機や釣り竿・凧などの接触は感電による人身災害となるおそれがある。



倒木による事故

主な事故様相
地絡
断線



(短絡電流に関する演習)

以下の系統において変圧器66kV側で二相短絡が発生した場合の事故電流を求めよ。



三相短絡電流 $I_{3\phi S}$ の公式

$$I_{3\phi S} = \frac{100 \times S}{\%Z \times \sqrt{3}V}$$

[S: 基準三相容量 (VA), V: 基準線間電圧 (V)]

※二相短絡の場合は $\sqrt{3}/2$ 倍となる。

事故電流計算に関する参考文献

文献名称	出版元
電力系統技術計算の基礎	電気書院
電力系統技術計算の応用	電気書院
これならわかるベクトル図徹底攻略	電気書院

パーセントインピーダンス%Zについて

インピーダンスZは $Z=E/I$ (電圧/電流) で表されるが、変圧器を介し電圧階級が異なるとインピーダンスも変化するため、異なる電圧階級ではインピーダンスの計算が煩雑になる。

そこで、電圧階級が異なっても不変である電力値(基準三相容量)を基準

にすることで、インピーダンスを統一し、計算を簡略化することができる。

%Z算出の公式

$$\%Z = \frac{Z \times I}{E} \times 100 = \frac{S \times Z}{V^2} \times 100$$

[Z: インピーダンス(Ω), I: 基準電流(A),

E: 基準相電圧(V), S: 基準三相容量(VA), V: 基準線間電圧(V)]

(解答)

三相短絡電流 $I_{3\phi S}$ (A) は

$$I_{3\phi S} = \frac{100 \times S}{\%Z \times \sqrt{3}V}$$

で表され、二相短絡電流 $I_{2\phi S}$ (A) は

$$I_{2\phi S} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{3\phi S}$$

と表される。

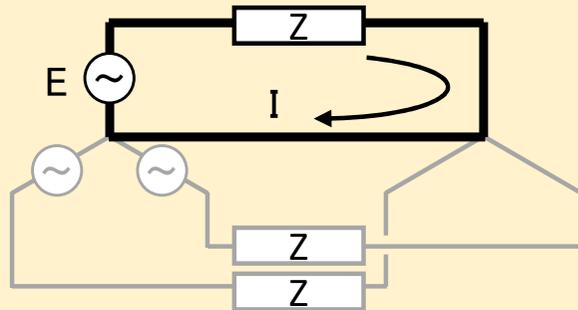
よって、 $I_{2\phi S}$ は

$$I_{2\phi S} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{100 \times 100 \times 10^6}{(1.5+12.3) \times \sqrt{3} \times 66 \times 10^3}$$

$$\doteq \underline{5490A}$$

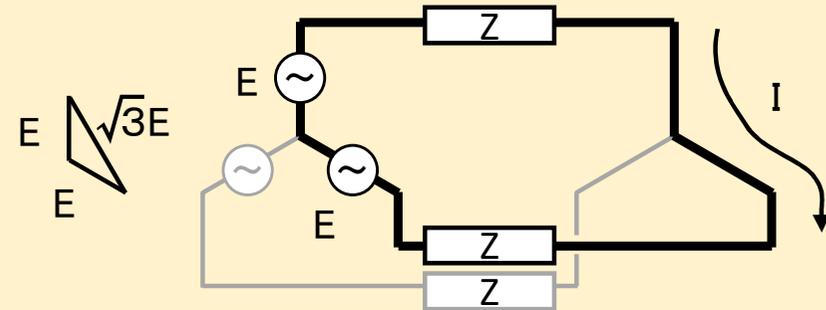
となる。

三相短絡電流と二相短絡電流の概念について



三相短絡電流は三相で対称のため、各相の故障電流は一相分を考慮するだけでよい。

$$I_{3\phi S} = \frac{E}{Z}$$



二相短絡電流は二相を通る電流と考慮すると、三相短絡の $\sqrt{3}/2$ 倍ということがわかる。

$$I_{2\phi S} = \frac{\sqrt{3}E}{2Z} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{3\phi S}$$

目次

- 5. 1 保護リレーシステムの必要性
- 5. 2 保護リレーシステムの構成
- 5. 3 保護リレーシステムの機能と役割
- 5. 4 事故除去 ～事故除去リレー～
- 5. 5 事故波及の局限化 ～事故波及防止リレー(過負荷防止の例)～
- 5. 6 復旧の迅速化 ～再閉路機能～
- 5. 7 保護リレー(事故除去リレー)装置の信頼性向上
- 5. 8 保護リレー(事故除去リレー)装置の保護範囲

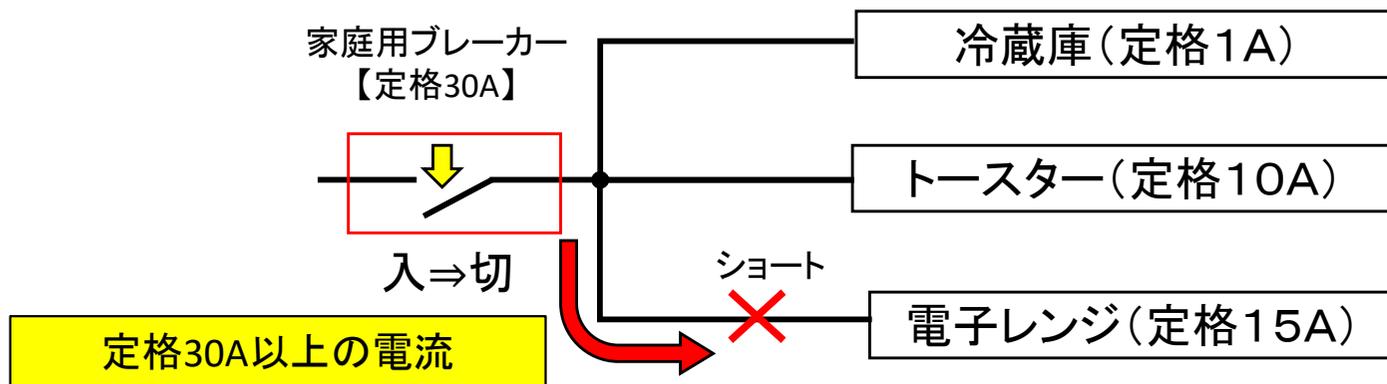
概要

電力システムで発生した事故は停電や設備の損傷、公衆災害を発生させ、放置すると最終的には系統崩壊を引き起こす。保護リレーシステムは電力システムで発生する事故を速やかに切り離し、安定供給を守っている。本章では保護リレーシステムの役割を説明する。

5.1 保護リレーシステムの必要性

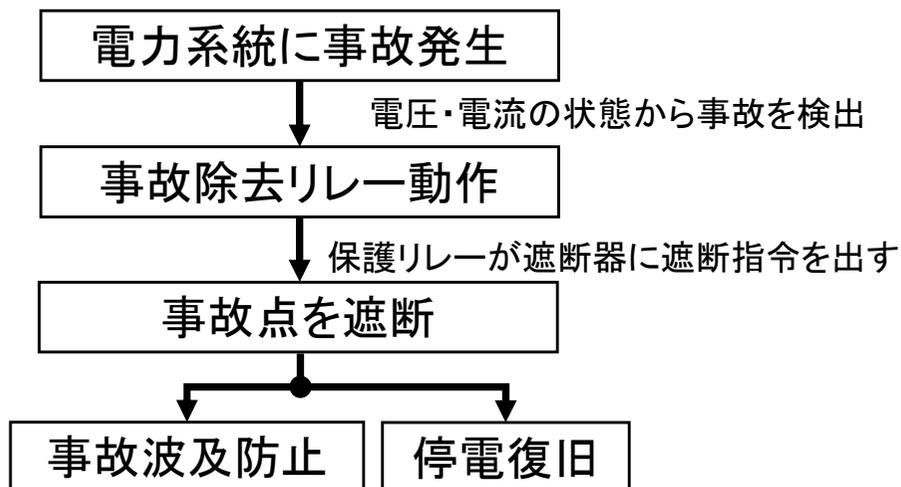
○保護リレーシステムは、家庭用のブレーカーにたとえることができる

配線が短絡または電気を使い過ぎると、ブレーカーが過電流を検出してブレーカー自身が切れる。



○電力系統で事故が発生すると...

保護リレーは系統電圧、電流の状態から事故を検出し、事故点を電力系統から切り離す。

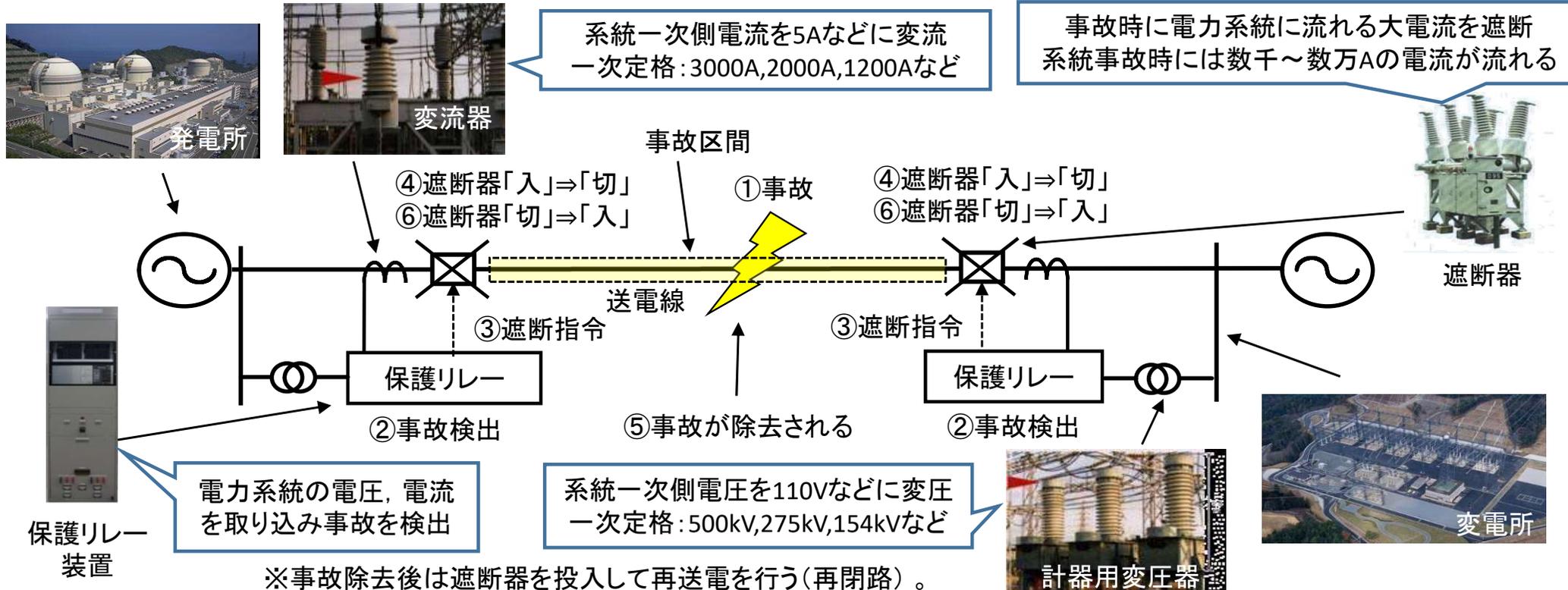


- 電気設備に関する技術基準を定める省令
- 【第4条】電気設備における感電、火災等の防止
 - 【第14条】過電流からの電線及び電気機械器具等の保護対策(過電流遮断器施設)
 - 【第15条】地絡に対する保護対策(地絡遮断器の施設)

系統が保護可能な状態でないと、
電気を送ってはいけない

5.2 保護リレーシステムの構成

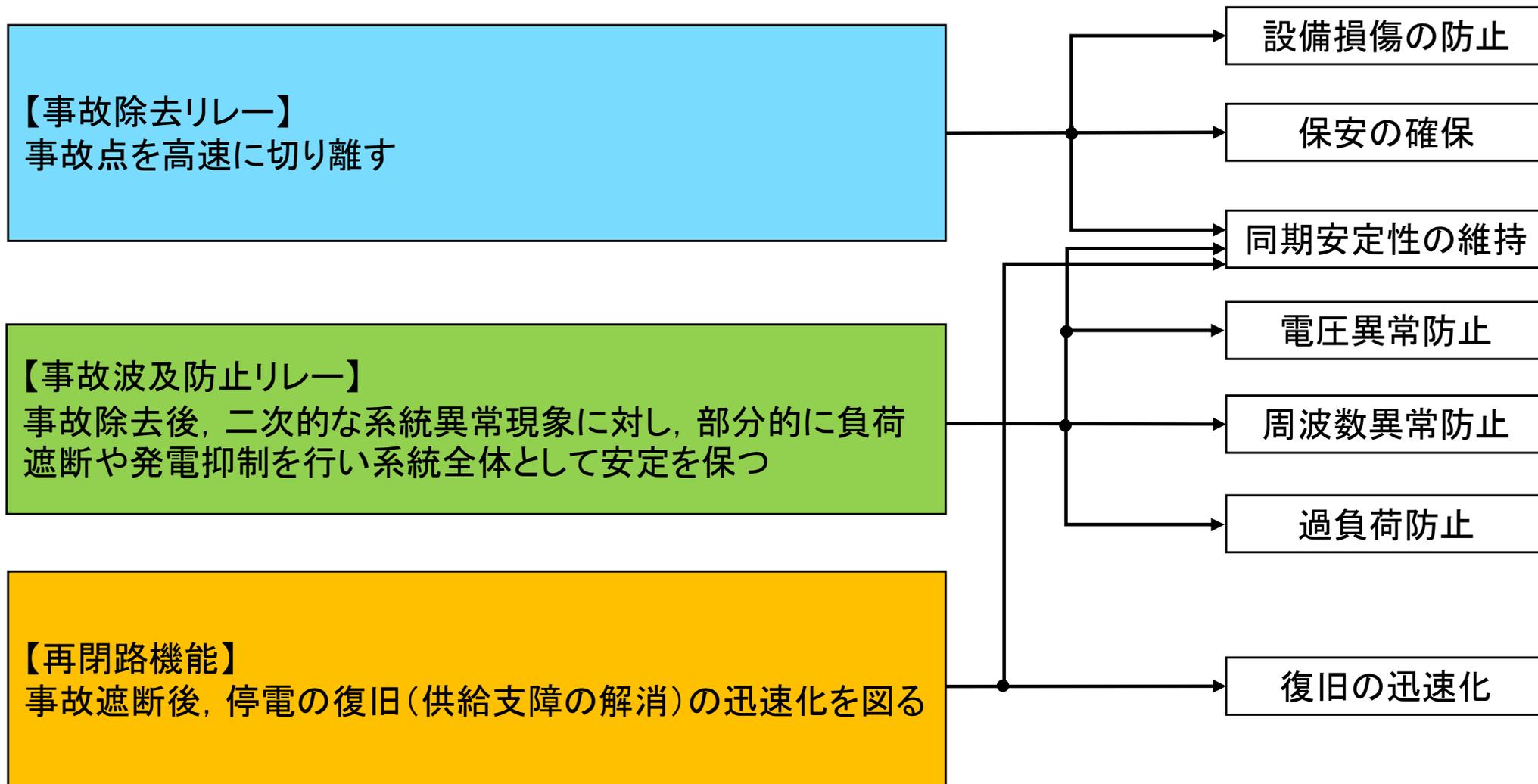
- ①落雷などにより事故が発生する(大電流が流れるため、放置すると設備の破損や通信線への障害を引き起こす)。
↓
- ②保護リレー装置が事故を検出する(電力システムの電圧、電流の状態により事故を検出する)。(4.2節参照)
- ③保護リレー装置が遮断器に遮断指令を出す(速く事故を除去しなければ設備の破損などにつながる)。
↓
- ④遮断器を開放する(大電流を遮断器で切り離す)。
↓
- ⑤事故が除去される(事故による影響を最小化するために、事故区間のみを速やかに切り離す)。
↓
- ⑥自動で遮断器の入り切り等(事故除去後は遮断器を投入して再送電を行う(再閉路))。



5.3 保護リレーシステムの機能と役割

【機能】

【役割】



5.3 保護リレーシステムの機能と役割

保護リレーシステムの動作時間例



保護リレーシステムの動作時間に関する参考文献

参考文献	出版元
電気学会技術報告641号 保護リレーシステム基本技術体系	電気学会

5.4 事故除去 ～事故除去リレー～

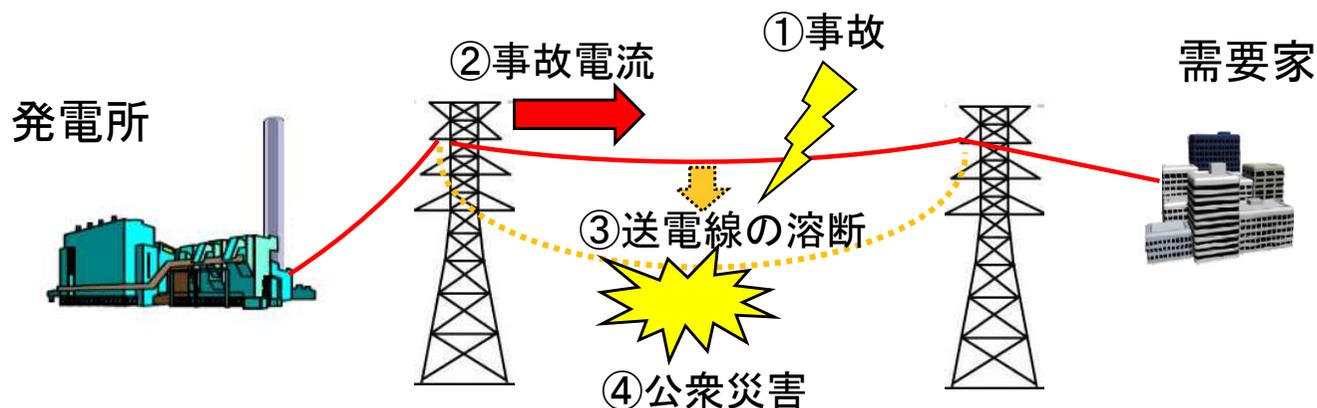
○もし保護リレー(事故除去リレー)がなかったら

系統事故時に大きな事故電流が流れ続けるため・・・

- ・変圧器や送電線などの設備の損傷
- ・送電線の溶断
- ・通信線の電磁誘導障害

事故が拡大, 進展する

送電線の溶断による公衆災害の例



事故電流は非常に大きな熱エネルギー
⇒熱エネルギーにより送電線が溶断

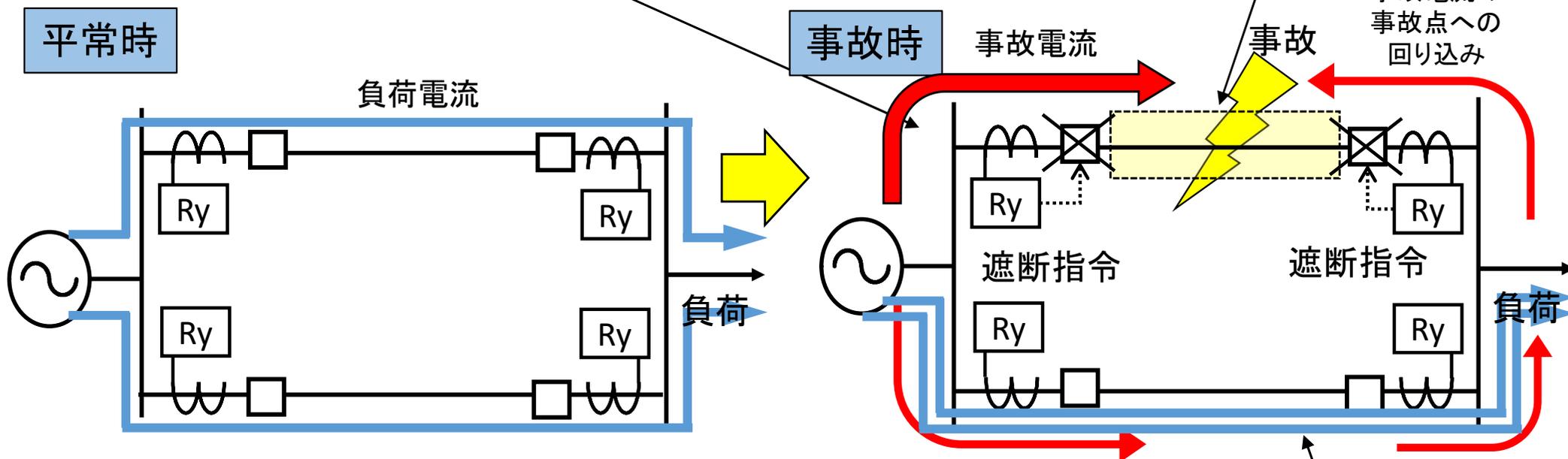
事故による影響を最小化するために、事故区間のみを速やかに切り離したい。

5.4 事故除去 ～事故除去リレー～

- ・事故時には大電流が流れるため、事故設備を電源から速やかに切り離す（**高速遮断**）。
- ・停電範囲を極小化するため事故区間のみを切り離す（**選択遮断**）。

事故区間のみを切り離す(選択遮断)

事故時には複数の電源から数千～数万Aの大電流が事故点へ流れ込む



Ry : 保護リレー装置

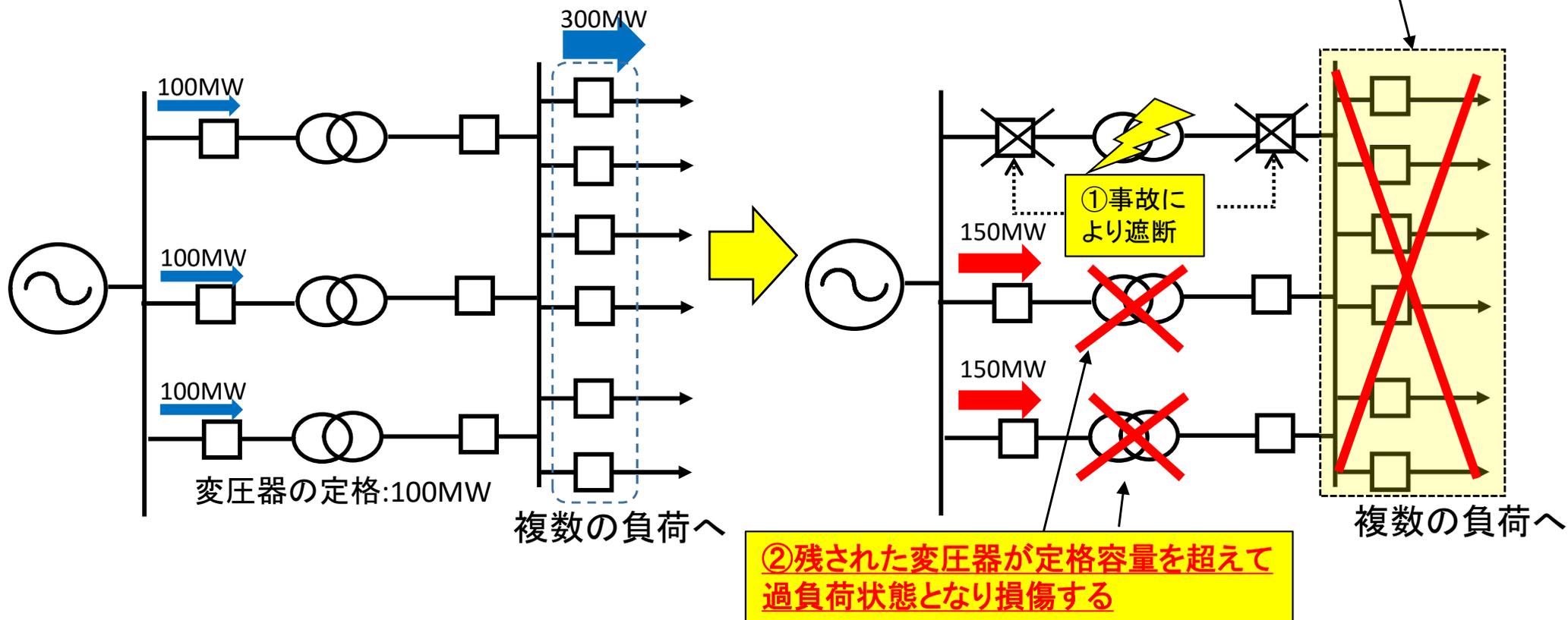
事故除去リレーに関する参考文献

参考文献	出版元
保護リレーシステム工学	電気学会

5.5 事故波及の局限化 ～事故波及防止リレー(過負荷防止の例)～

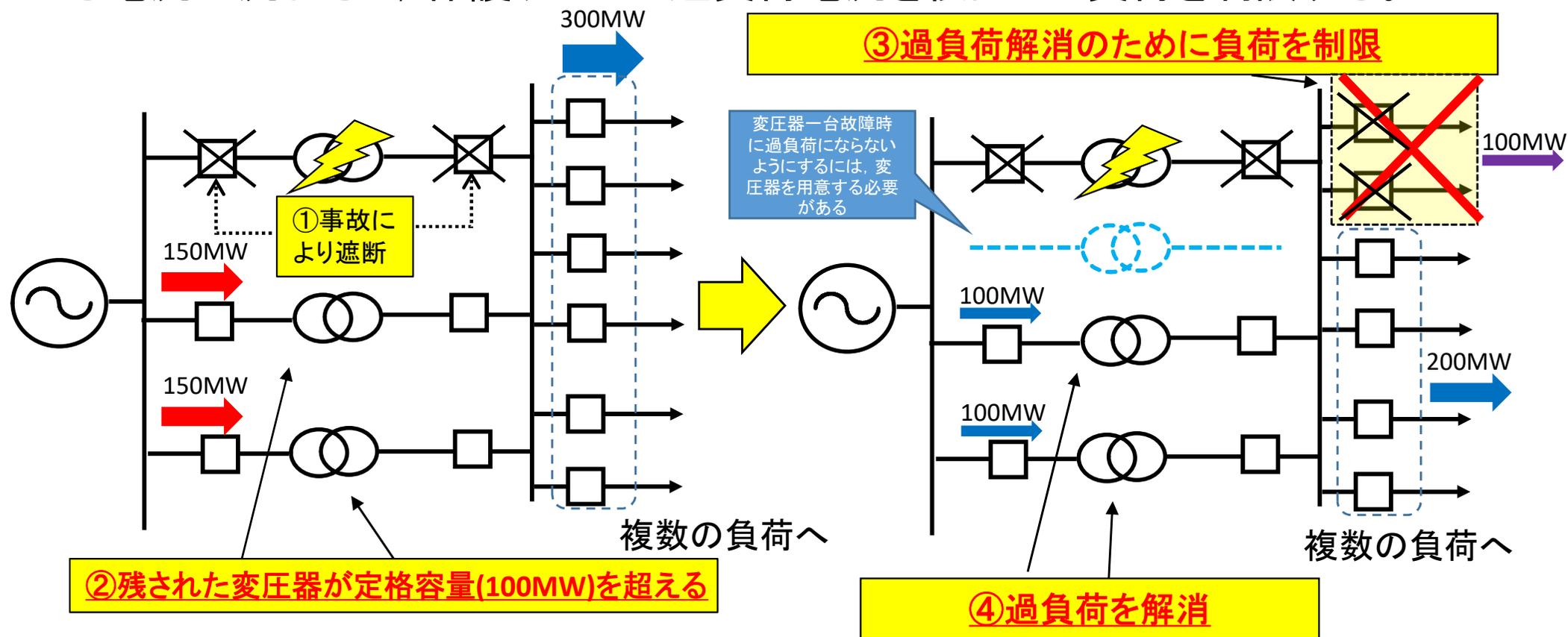
○もし保護リレー(事故波及防止リレー)がなかったら

- (1)事故除去リレーの動作により一部の設備が停止すると・・・
 - ・設備が停止する前に流れていた電流が他の健全設備に流れる。
- (2)残された設備に定格容量を超える電流が流れ続けると・・・
 - ・過負荷状態の変圧器や送電線などの設備が損傷する。
 - ・過負荷の設備が遮断されると大規模な停電につながる。



5.5 事故波及の局限化 ～事故波及防止リレー(過負荷防止の例)～

事故除去リレーの動作により一部の設備が停止し、残された設備に定格容量を超える電流が流れると、保護リレーは過負荷電流を検出して負荷を制限する。



事故波及防止リレーが無ければ過負荷時に備えた送変電設備が必要になる。

⇒少ないコストで設備を効率的に利用している(設備投資の抑制につながっている)。

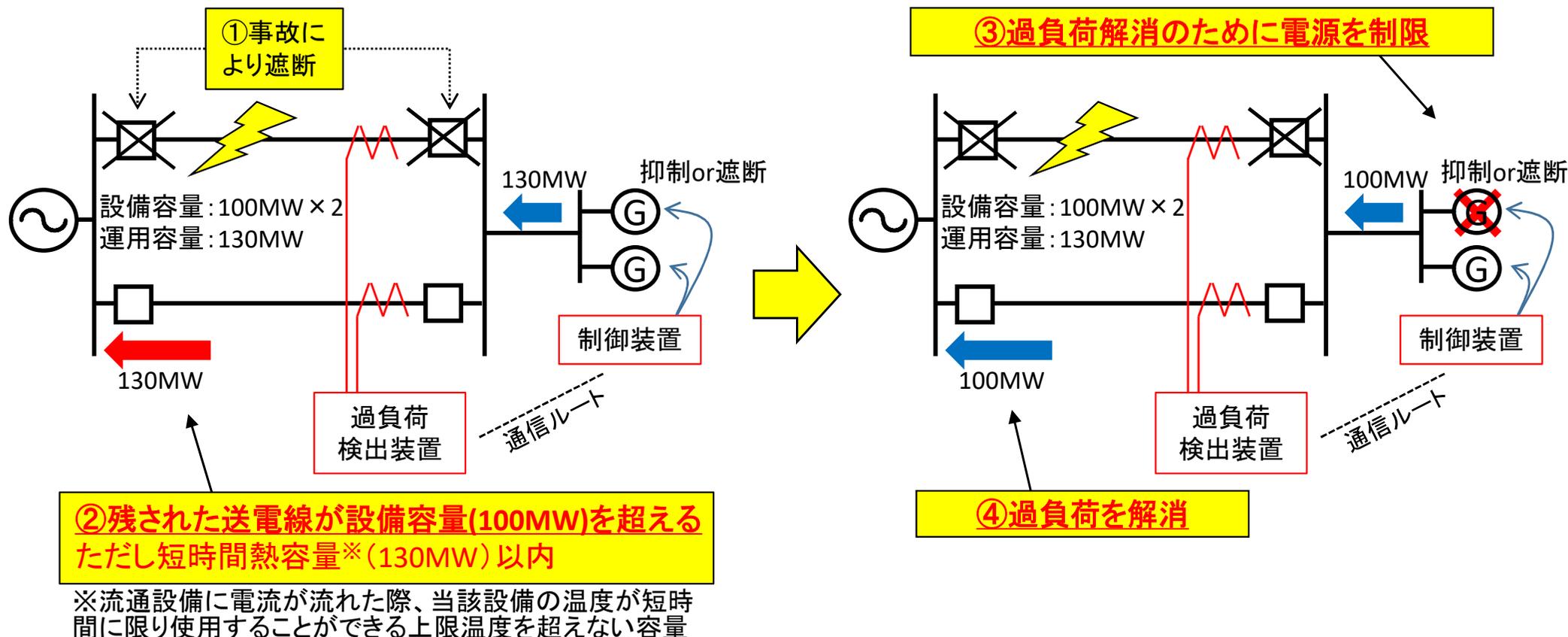
※事故波及防止リレーとして過負荷防止を一例として説明したが、その他のリレーや詳細は6.6～6.9節参照

事故波及防止リレーに関する参考文献

参考文献	出版元
電力系統安定化システム工学	電気学会

5.5 事故波及の局限化 ～事故波及防止リレー(N-1電制の例)～

N-1電制は、単一設備故障時にリレーシステムで短時間の間に電源制限を行うことで過負荷を防止し、運用容量※を拡大する取り組みである。 ※平常時に流せる潮流の上限



N-1電制システムが無ければ、運用容量を1回線分の設備容量(上図では100MW)としなければならないが、N-1電制の適用により、短時間の過負荷を許容した運用容量とすることができる。⇒送電ルート増強に比べはるかに低コストで、再エネ等の接続可能量拡大に寄与。

5.6 復旧の迅速化 ～再閉路機能～

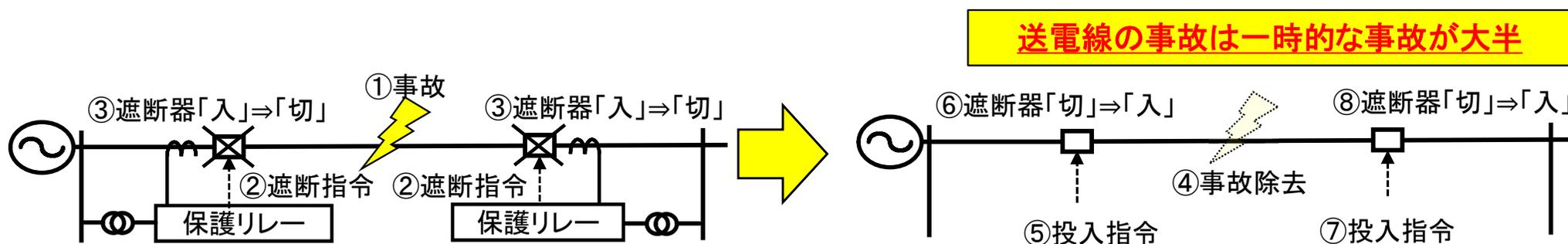
○もし保護リレー(再閉路機能)がなかったら

(1)系統事故時には事故除去リレーにて事故を検出し、事故区間を切り離すため、

- ・供給支障が発生する。
- ・系統の同期安定性が悪化する。
- ・手動での遮断器投入にて系統復旧が必要。

(2)架空送電線の事故は雷など一時的な絶縁破壊に起因するものが大半であり、供給支障を解消したいため、事故除去後は速やかに再度送電(再送電)する。

※地中送電線事故については、永久故障となるため、再閉路は実施しない。



事故除去後、速やかに再送電を実施したい

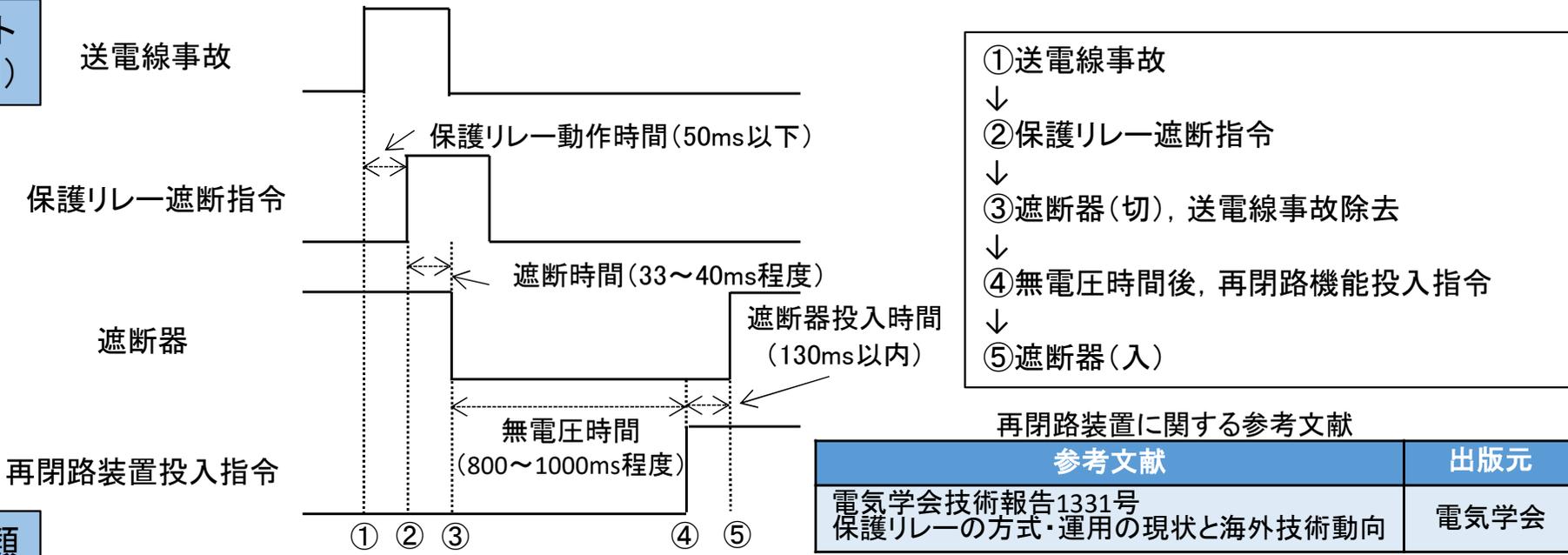
再閉路装置によって事故除去後に速やかに再送電を行う。

5.6 復旧の迅速化 ～再閉路機能～

送電線の事故は雷など一時的な事故がほとんどのため、アークイオンが消滅し空気絶縁が回復するのに要する時間(無電圧時間※)後に再閉路機能は遮断器に投入指令を出して再送電を行う。

※事故点付近では事故電流によって、周辺の空気がイオン化され、事故電流が遮断された後も残留イオンが存在するため、アークイオン消滅を待つ必要がある。アークイオン消滅に要する時間は電圧階級などによるため、系統に合わせて再送電するタイミングを決定する。

タイムチャート
(超高圧の例)



再閉路の種類

- ・高速度再閉路
同期安定性の向上を目的として1秒程度(無電圧時間)で系統復旧を行う。
- ・中速度再閉路
高速度再閉路条件不成立時の連系維持と系統の自動復旧を目的として数秒～十数秒程度(無電圧時間)で系統復旧を行う。
- ・低速度再閉路
供給支障の早期解消を目的として十数秒～1分程度(無電圧時間)で系統復旧を行う。

5.7 保護リレー(事故除去リレー)装置の信頼性向上

保護リレー装置の不良により、誤動作※¹/誤不動作※²が発生した場合、その影響は非常に大きいいため、高い信頼性を求められる。

⇒システムの重要性に応じて主保護と後備保護の設置や主保護の2系列化などにより、システムとして求められる動作信頼性を確保する。(誤動作対策については、7.4.2項参照)

主保護と後備保護

主保護と後備保護は異なる原理のリレーを適用することで動作信頼性を高める。

<主保護>

保護範囲内で事故が発生したときに高速で動作するリレー

<後備保護>

主保護の故障などで自区間内の主保護が動作できないとき、遮断器が不動作となったとき、自区間外で事故除去を失敗したときなどにバックアップとして動作するリレー

※1・・・リレー若しくは保護リレー装置などが動作すべきでない場合に動作する事象

※2・・・リレー若しくは保護リレー装置などが動作すべき場合に動作しない事象

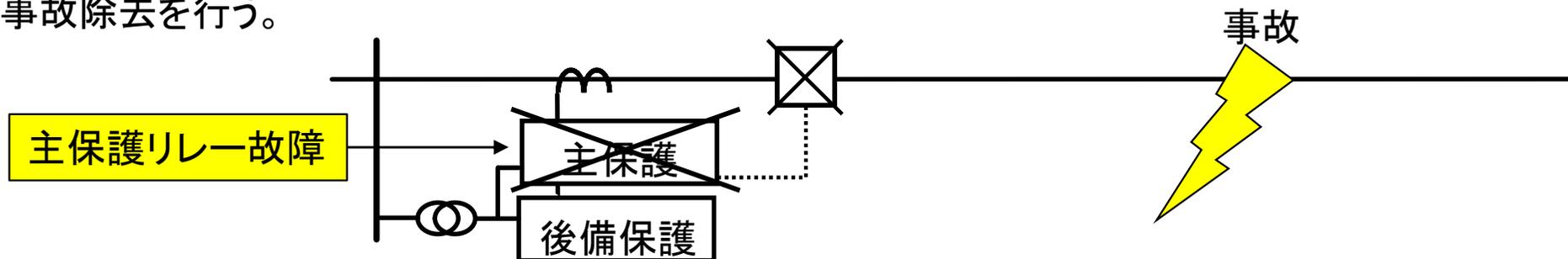
主保護と後備保護に関する参考文献

参考文献	出版元
保護リレーシステム工学	電気学会

5.7 保護リレー(事故除去リレー)装置の信頼性向上

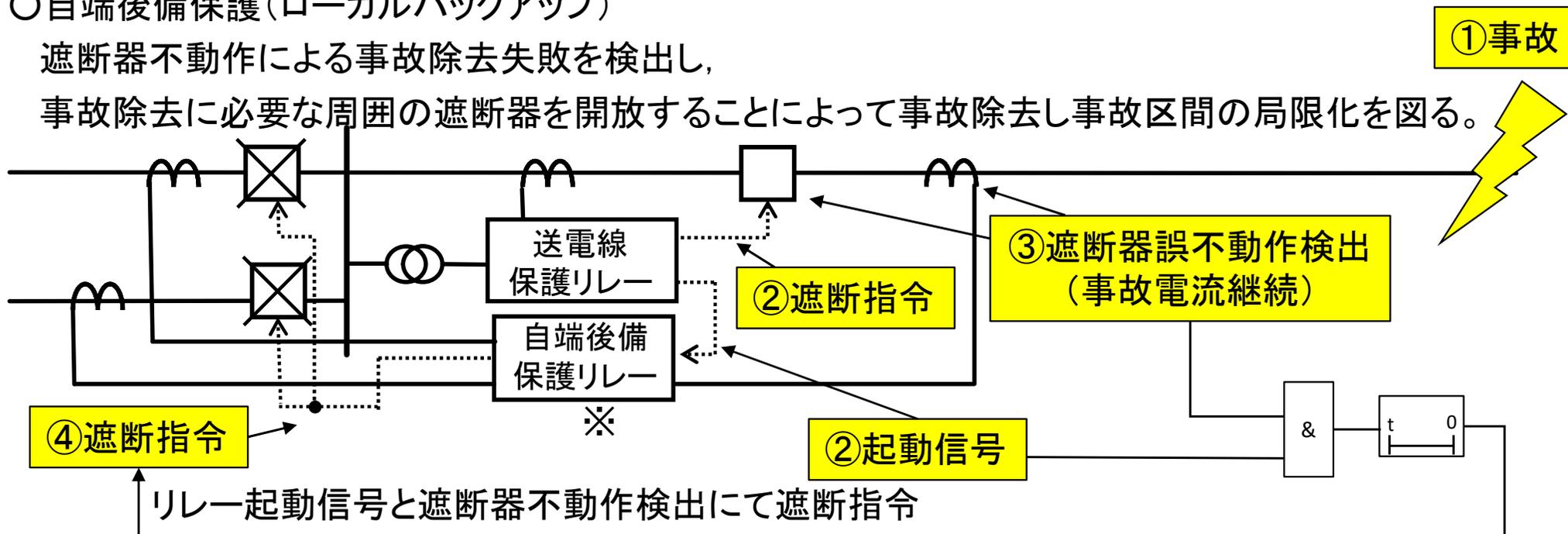
○自区間後備保護(リレー後備保護)

主保護リレー故障時に主保護リレーと同一箇所を設置した後備保護リレーにより事故除去を行う。



○自端後備保護(ローカルバックアップ)

遮断器不動作による事故除去失敗を検出し、事故除去に必要な周囲の遮断器を開放することによって事故除去し事故区間の局限化を図る。

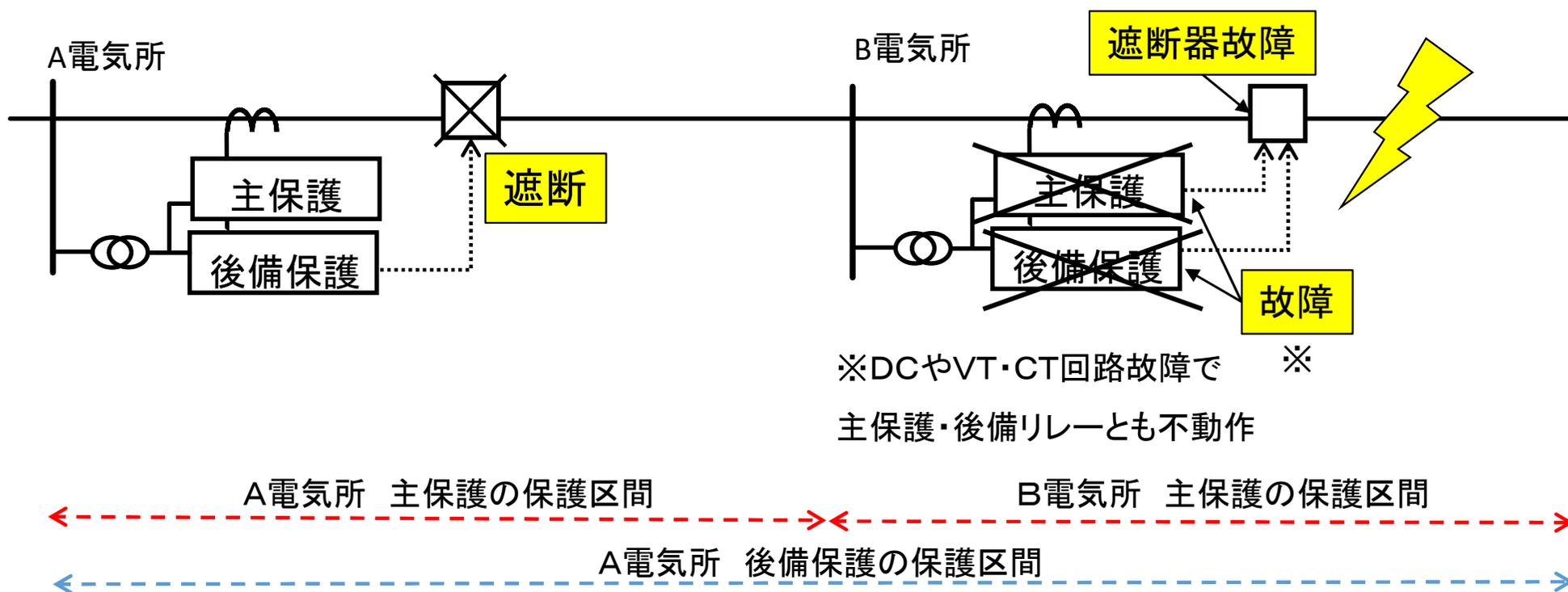


※母線保護リレーにローカルバックアップ機能を内蔵するケースが多い。

5.7 保護リレー(事故除去リレー)装置の信頼性向上

○遠端後備保護(リモートバックアップ)

保護リレーの故障や遮断器故障で事故除去に失敗した場合、隣接する電源側電気所に設置した後備保護リレーで事故除去を行い、事故が上位系に波及することを防止する。



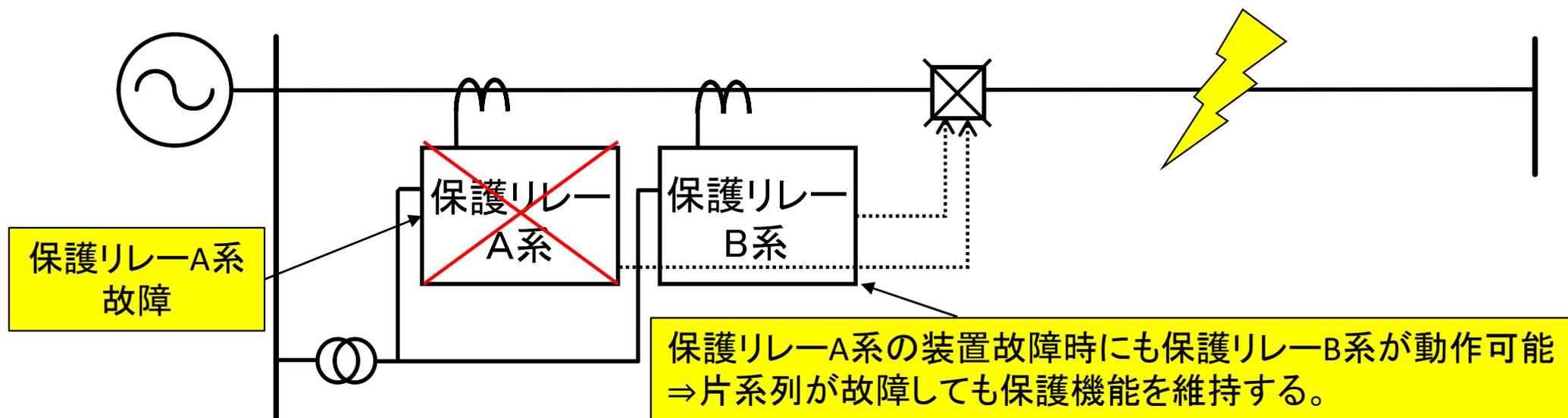
主保護は保護すべき区間の事故を検出し速やかに選択遮断，後備保護は当該保護区間を保護するリレーが動作するであろう時間を待ってから動作する。

※時間協調は6.2.2項参照

5.7 保護リレー(事故除去リレー)装置の信頼性向上

○主保護2系列化

後備保護では事故除去が遅れるため同期安定性を確保できない系統では、同一端子に主保護リレー装置を2つ設置する。

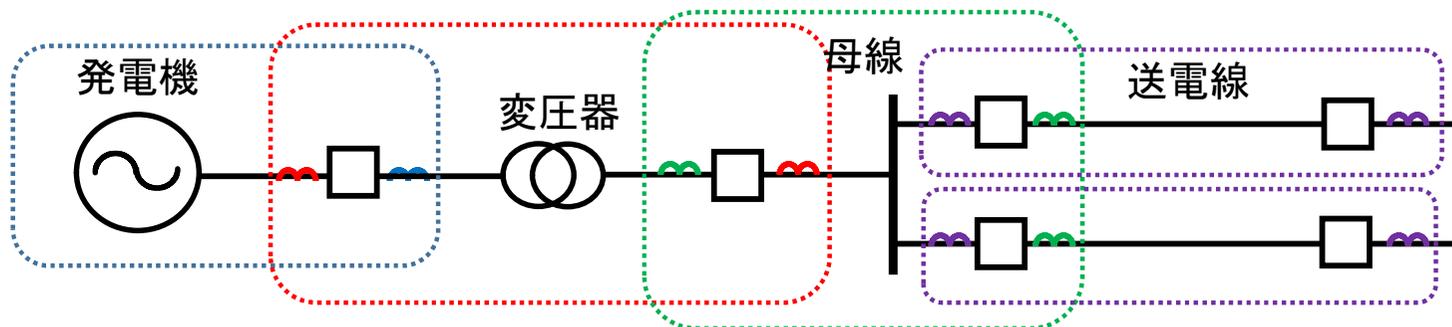


主保護リレー装置を2つ設置することで必要な同期安定性を確保する。

5.8 保護リレー(事故除去リレー)装置の保護範囲

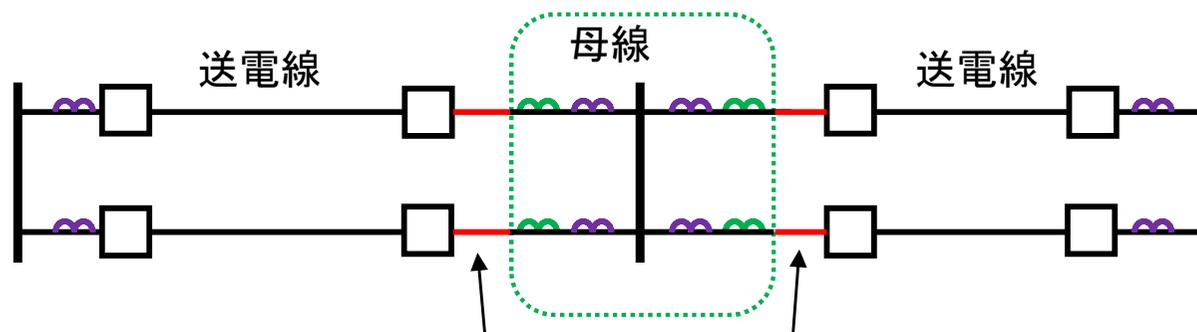
発電機, 変圧器, 母線, 送電線の各設備ごとに保護リレーを設置

- ・設備ごとに保護リレー装置を設置することで, 保護リレー装置停止時の周辺系統への影響範囲を極小化する。
- ・電力系統において保護できない区間(無保護区間)をなくす。



点線は各設備の保護リレー装置の保護範囲を示す。

- ・無保護区間のあるリレー配置(例: 母線保護リレー)



母線保護無保護区間(CB~BP用CT間) → 詳細は次ページの実例を参照

無保護区間での事故は遠端後備保護が動作するため, 停電範囲の拡大, 事故除去の遅延とそれに伴う電圧低下継続など, 系統に与える影響が大きい。

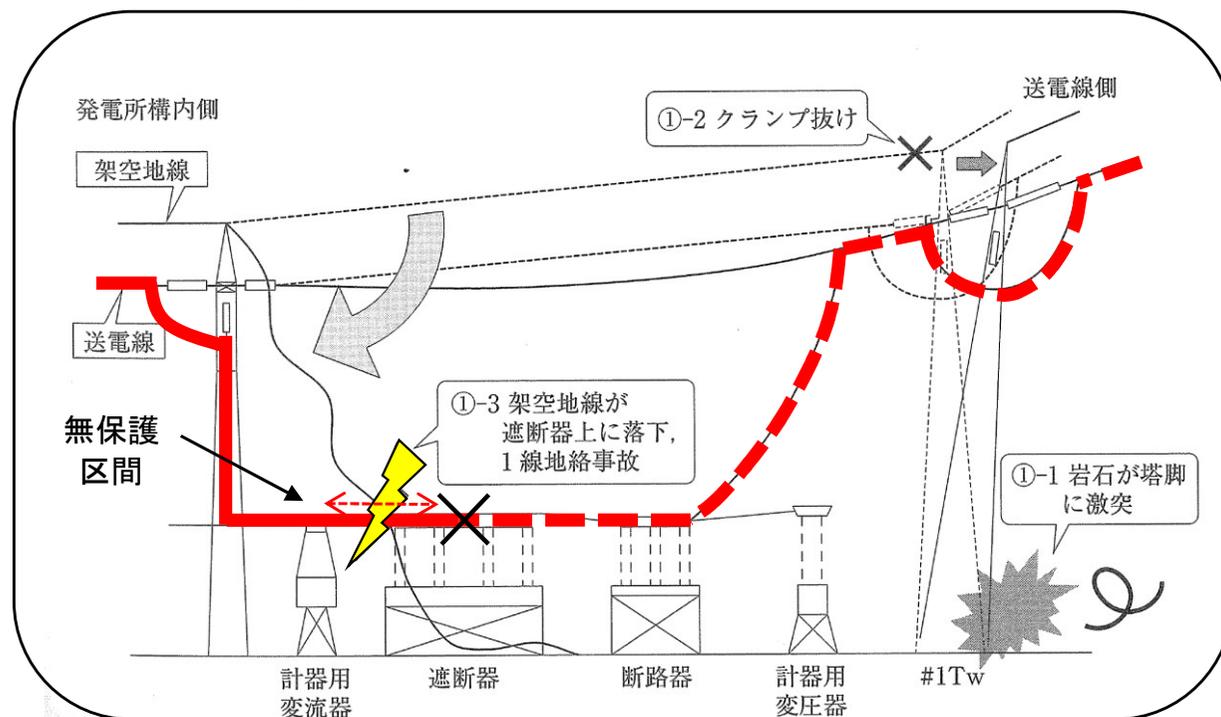
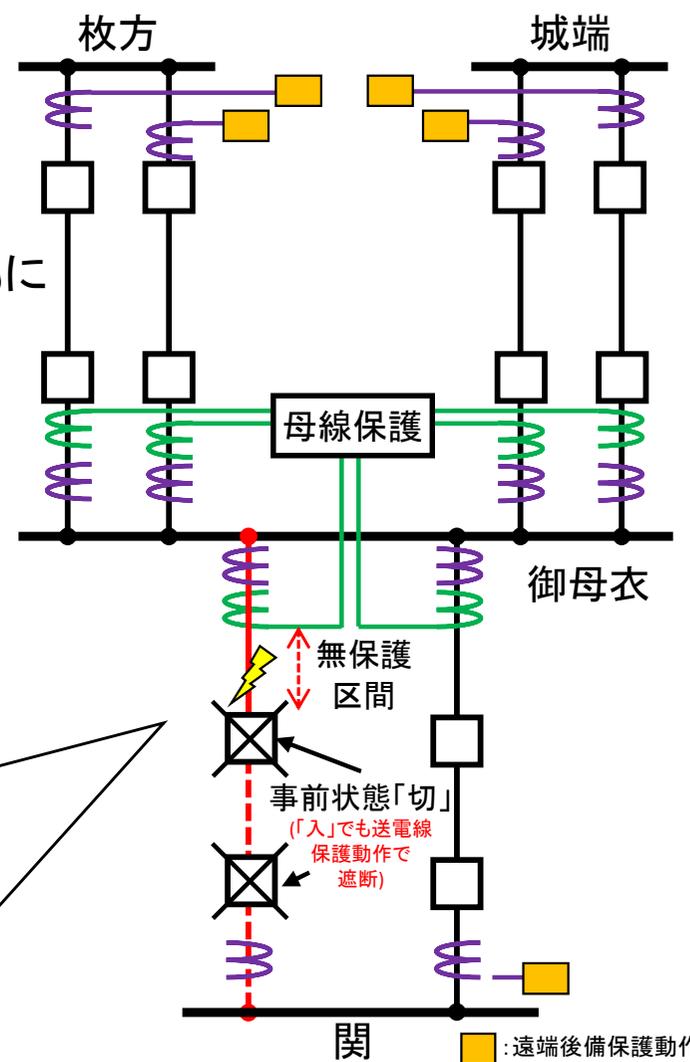
コラム①

無保護区間の事故によって大規模停電に至った事例(御母衣事故) - 1

1965年, 無保護区間の事故をきっかけとして, 脱調, 電源の脱落, 周波数低下を引き起こし, 最終的に約300万kWの大規模停電に至った事例であり, 保護リレーシステムの設計ポリシーに大きな影響を与えている。

○大規模停電のきっかけとなった事故

落石が鉄塔に衝突し鉄塔が傾いたことから始まる。
無保護区間に架空地線が落下し遠端後備保護により
事故除去を実施したため, 除去時間が長くなりループの解列とともに
脱調を起こした。

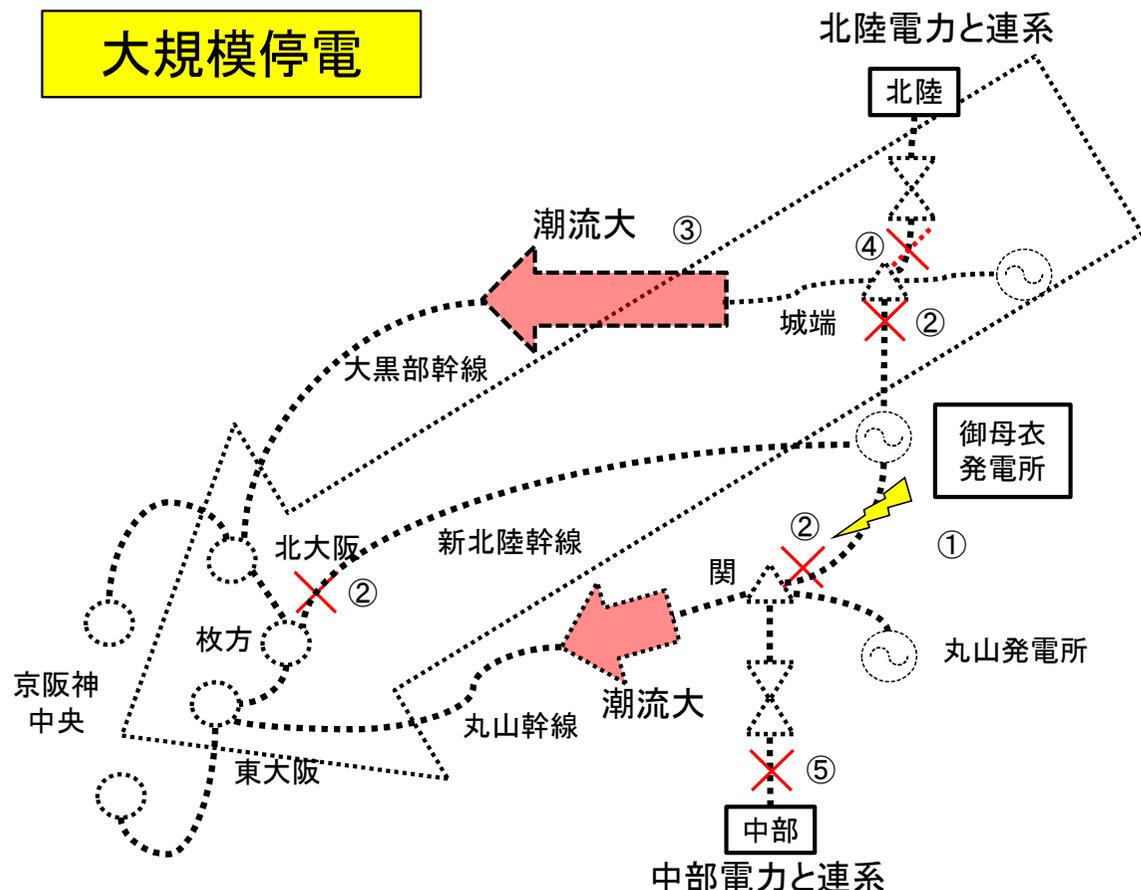


コラム①

無保護区間の事故によって大規模停電に至った事例(御母衣事故) - 2

大規模停電に至るまでの流れ

大規模停電



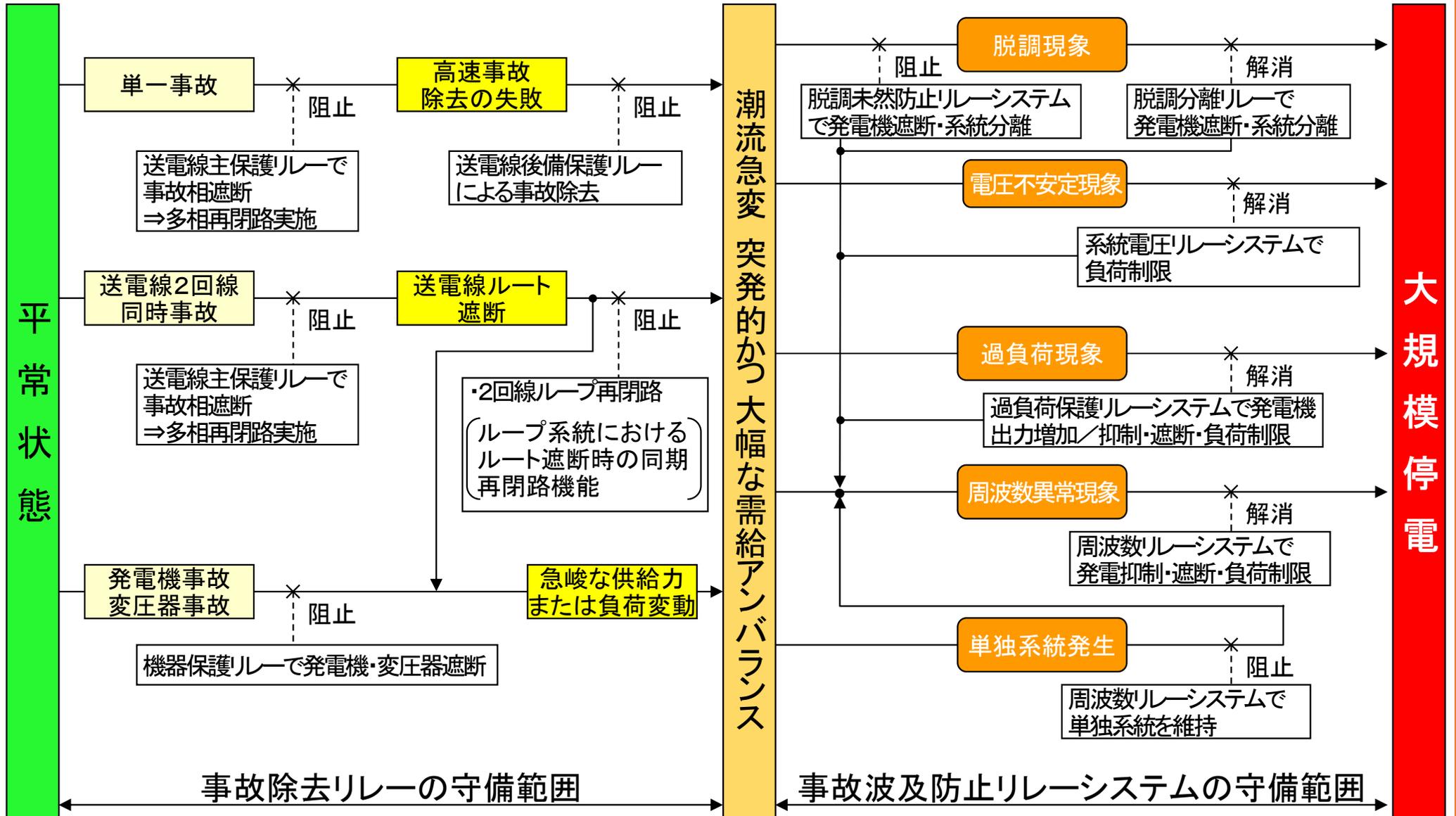
- ① 架空地線のクランプが抜け遮断器に落下, 1線地絡事故が発生
- ② 母線保護リレーの無保護区間に落下したため事故除去できず, 遠端後備保護により事故除去を実施したため, 除去時間が長くなり, ループの解列とともに脱調
- ③ 大黒部幹線の潮流増大が加わり, さらに北陸系を含む発電機群が脱調を起こした
- ④ 脱調状態は城端の電源制限などにより除去され, その後系統周波数はいったん安定
- ⑤ しかし, その後の負荷増大により周波数低下が進み, 周波数異常を検出し(一般的には周波数分離リレーで検出する), 中部系とは連系分離。さらに中国系との連系分離や関西火力の系統離脱などが相次いで発生。これにより京阪神中央部への送電ができなくなり約300万kW(約100万世帯相当)の大停電事故となった

御母衣事故に関する参考文献

参考文献	出版元
電力系統安定化システム工学	電気学会

コラム②

大規模停電に至る経緯(超高压システムの例)



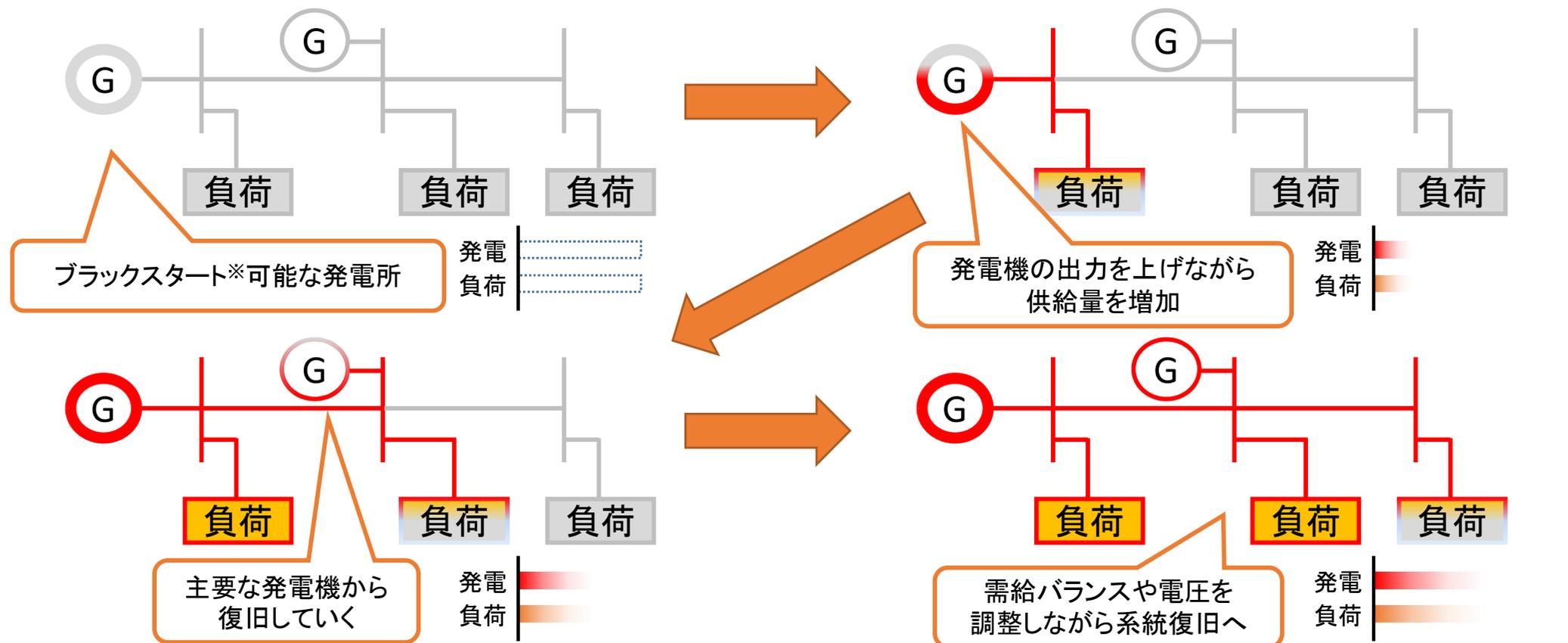
コラム③

系統崩壊時の復旧

事故を放置すると事故が波及し最終的には系統崩壊(ブラックアウト)する。

⇒系統崩壊を引き起こした場合は少しずつ系統を復旧していくため、多大な時間を要する。

(火力発電所の再起動には時間を要する。また、負荷とのバランスを保ちながら徐々に復旧するため時間を要する。)



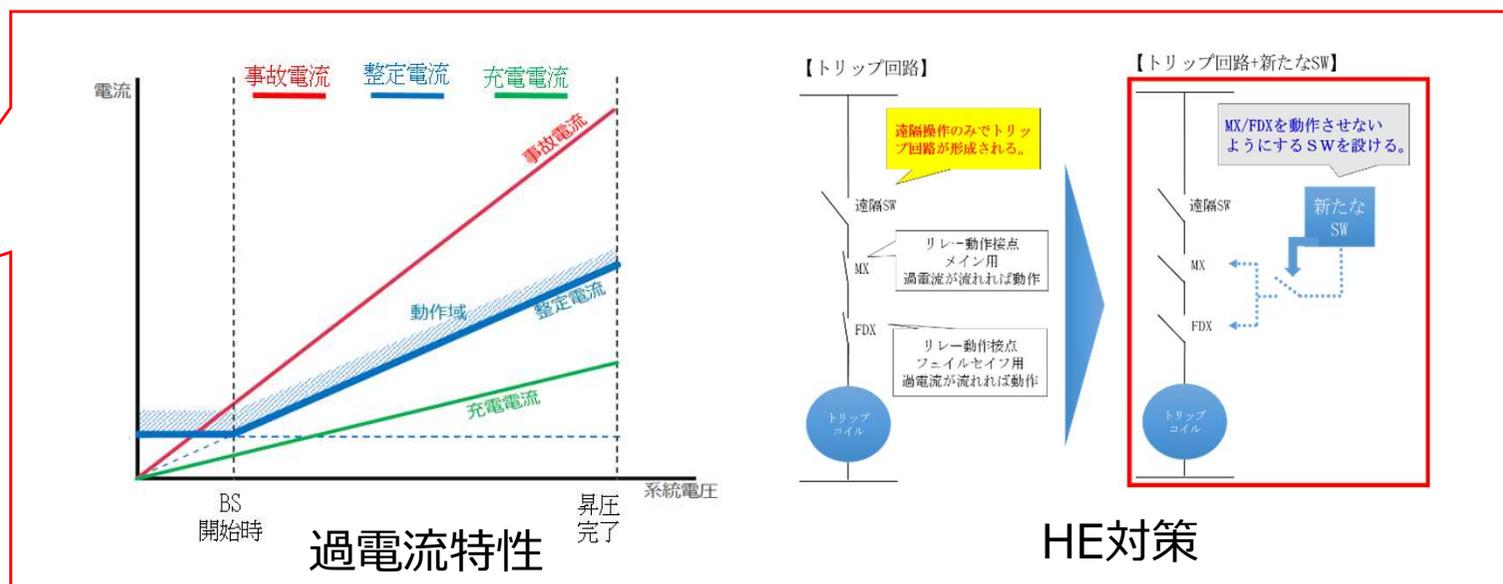
※ブラックスタート…広範囲に及ぶ停電が発生した場合に、系統からの電源供給を受けずに停電解消のための発電を行う

一般的にブラックスタート可能な発電所は水力発電所

コラム③

- ◆ ブラックスタートは、エリア外から電力融通を受ける方法と公募により選定された電源（以下、BS電源）を起動する方法の2つある。
- ◆ BS電源（揚水発電機など）を用いて500kV系統を低電圧で一括充電し、定格電圧まで徐々に昇圧させる逕昇加圧方式を採用している。

従来の保護リレー特性の活用とBS特有の系統電圧の変化に着目し、逕昇加圧過程においても保護を可能としたブラックスタート用系統保護リレー（以下、BSリレー）を開発した。



※HE:ヒューマンエラー

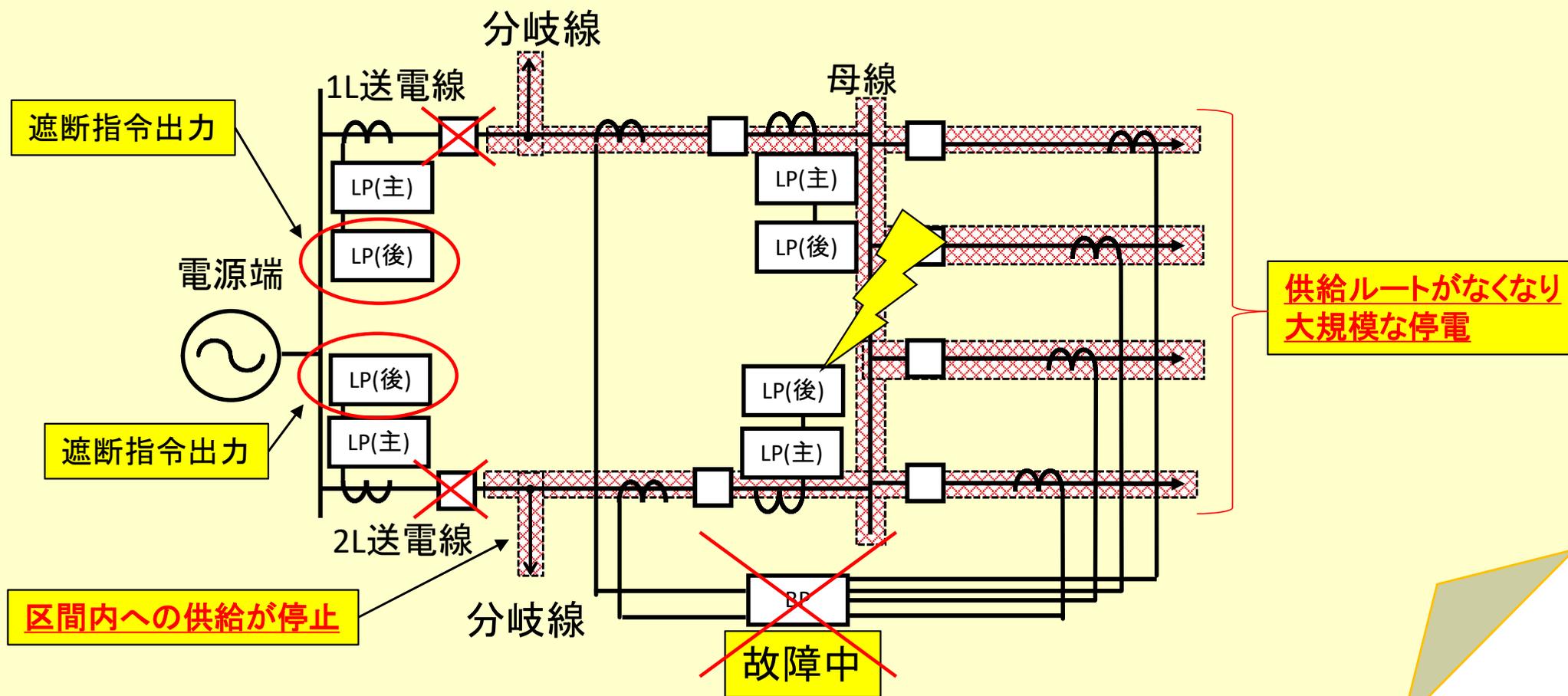
(解答)

動作するリレー: 電源端の後備保護リレー装置(1L/2L共)により事故除去する。

問題点: 通常, 母線保護リレー装置により事故除去する場合に対して,

- ① 停電範囲が広がること
- ② 事故除去が遅れること ※事故除去が遅れる(遅れる理由は6. 2. 2項参照)。

⇒同期安定性の低下, 電圧低下の継続につながり, 設備損傷につながる可能性もある。



(参考:BP正常の場合)

動作するリレー:BPにより自端のCB開放を行い事故除去する。

BP故障中との違い:

- ①事故母線までの供給送電線が停止せず, 停電範囲を最小にできる
- ②事故除去が速い。⇒同期安定性の維持, 電圧低下時間の最小化。

