

目 次

電力用変圧器改修ガイドライン 電力用変圧器改修ガイドライン 専 門 委 員 会

委員会組織	(1)
本報告書における用語の定義・説明 など	(6)
第Ⅰ編 総 説	(8)
第 1 章 委員会設立の経緯	(8)
第 2 章 研究の経過	(8)
2-1 総説	(9)
2-2 油中ガス分析による保守管理	(9)
2-3 流動帯電に関する保守管理	(9)
2-4 事故障害発生時の影響評価	(9)
2-5 変圧器改修の考え方	(9)
第 3 章 研究の概要	(9)
3-1 第Ⅱ編 油中ガス分析による保守管理総論	(9)
3-1-1 油中ガス分析による保守管理	(9)
3-1-2 油中ガス分析方法	(10)
3-1-3 油中ガス分析による保守管理基準	(10)
3-1-4 今後の課題	(12)
3-2 第Ⅲ編 流動帯電に関する保守管理総論	(13)
3-2-1 流動帯電に関する保守実態調査	(13)
3-2-2 経年による流動帯電現象発生メカニズム	(13)
3-2-3 流動帯電診断技術	(14)
3-2-4 実フィールド変圧器の高帯電度化調査	(14)
3-2-5 流動帯電抑制策	(15)
3-2-6 流動帯電に関する保守管理基準	(15)
3-2-7 今後の課題	(15)
3-3 第Ⅳ編 事故障害発生時の影響評価総論	(17)
3-3-1 変圧器事故発生確率の検討	(17)
3-3-2 変圧器事故が系統に及ぼす影響評価	(17)
3-3-3 今後の課題	(17)
3-4 第Ⅴ編 変圧器改修の考え方総論	(17)
3-4-1 変圧器改修の考え方	(17)
3-4-2 継続使用可否判断に資する評価項目	(18)
3-4-3 改修の優先順位付与に資する項目	(18)
3-4-4 改修計画策定時の配慮事項	(19)
第Ⅱ編 油中ガス分析による保守管理	(20)
第 1 章 総論	(20)
1-1 油中ガス分析の経緯	(20)
1-2 研究概要	(20)
1-2-1 主な調査、検討項目	(20)
1-2-2 適用に際しての留意事項	(20)
1-2-3 本報告書と電協研第 54 巻第 5 号 (その 1) における油中ガス分析による保守管理の対比	(20)
第 2 章 油中ガス分析方法	(21)
2-1 油中ガス分析装置	(21)

2-1-1	オフライン油中ガス分析装置	(21)
2-1-2	オンライン油中ガス分析装置	(21)
2-2	試料油の採取 (採油)	(22)
2-2-1	採油箇所	(22)
2-2-2	採油容器	(22)
2-2-3	採油方法	(22)
2-3	ガス抽出方法	(23)
2-3-1	置換抽出方法	(23)
2-3-2	真空抽出方法	(23)
2-3-3	平衡抽出方法	(24)
2-4	油中ガス分析対象成分	(24)
2-5	ガスクロマトグラフ	(25)
2-5-1	分離カラム	(25)
2-5-2	キャリアガス	(25)
2-5-3	検出器	(25)
2-5-4	記録計 (データ処理装置)	(26)
第3章	油中ガス分析装置の校正	(27)
3-1	分析感度・精度	(27)
3-1-1	検出限界値と定量下限値	(27)
3-1-2	分析結果の表示	(27)
3-1-3	室内併行精度と室間再現精度	(27)
3-2	標準試料油による校正	(27)
3-2-1	標準試料油の作製方法	(27)
3-2-2	標準試料油による補正効果	(28)
3-2-3	標準試料油の作製数と精度, 調整濃度	(28)
3-2-4	標準試料油による検量線作成と油中濃度の算出	(28)
3-3	標準混合ガスによる校正	(28)
第4章	油中ガス分析による保守管理基準	(29)
4-1	内部異常と発生ガス	(29)
4-1-1	油中ガスの発生要因	(29)
4-1-2	変圧器内部不具合における発生ガス	(34)
4-2	油中ガス分析による判定	(37)
4-2-1	平常運転変圧器における発生ガス量	(37)
4-2-2	不具合変圧器における発生ガス量	(39)
4-2-3	発生ガス増加率と不具合判定方法の検討	(42)
4-2-4	ガス分析精度向上による不具合予知の可能性	(44)
4-2-5	判定基準	(45)
第5章	不具合変圧器の様相診断	(48)
5-1	油中ガス分析による様相診断	(48)
5-1-1	ガスパターンによる診断方法	(48)
5-1-2	異常診断図による診断方法	(52)
5-1-3	特定ガスによる診断方法	(53)
5-1-4	等価過熱面積を用いた診断方法	(60)
5-1-5	トレンド分析による様相診断方法	(61)
5-2	多変量解析による内部不具合変圧器の判定・様相診断	(68)
5-2-1	線形SVMによる内部不具合変圧器の判定	(68)
5-2-2	線形SVMによる様相診断方法	(68)
5-3	油中ガス分析による診断	(69)
5-3-1	油中ガス分析診断フロー	(69)
5-3-2	保護継電器動作時の油中ガス分析診断	(71)
5-4	油中ガス分析による診断事例	(72)

5-4-1	油中ガス分析により異常を検出した事例	(72)
5-4-2	保護継電器動作で異常を検出した事例	(75)
第Ⅲ編 流動帯電に関する保守管理 (79)		
第1章 総論 (79)		
1-1	流動帯電研究の経緯	(79)
1-2	研究項目	(79)
第2章 流動帯電に関する保守管理の実態と評価 (79)		
2-1	アンケート調査	(79)
2-1-1	調査対象	(79)
2-1-2	調査内容	(80)
2-1-3	調査結果	(80)
2-2	流動帯電不具合事例	(82)
2-2-1	C工場 500kV 外鉄	(82)
2-2-2	B工場 500kV 内鉄	(85)
2-2-3	E工場 超高压 内鉄	(86)
2-2-4	H工場 154kV 内鉄	(87)
2-2-5	C工場 500kV 外鉄	(88)
2-3	現状の保守管理方策の評価	(89)
2-3-1	電協研第54巻第5号(その1)の保守管理方法の評価	(89)
2-3-2	従来保守基準では判別困難な事例の紹介	(89)
第3章 流動帯電現象の特性と新たな知見 (90)		
3-1	流動帯電のメカニズム	(90)
3-2	変圧器における流動帯電	(91)
3-2-1	変圧器内での流動帯電現象	(91)
3-2-2	静電気放電に至るプロセスと発生パターン	(92)
3-2-3	巻線漏れ電流と流動帯電との関係	(93)
3-3	経年器における流動帯電増大メカニズム	(93)
3-3-1	絶縁油およびPBの経年劣化	(93)
3-3-2	経年劣化の加速要因	(94)
3-3-3	経年劣化による蓄積電荷量の増大	(95)
3-4	変圧器の流動帯電に影響をおよぼす因子	(95)
3-4-1	変圧器運転条件および構造	(95)
3-4-2	絶縁油の特性	(98)
3-5	流動帯電による変圧器の絶縁破壊	(101)
3-5-1	変圧器の流動帯電と放電のタイプ	(101)
3-5-2	静電気放電から交流絶縁破壊に至るメカニズム	(103)
3-5-3	静電気放電により発生する油中ガス	(103)
第4章 絶縁油の高帯電度化 (104)		
4-1	変圧器で使用している絶縁油の変遷	(104)
4-2	経年による絶縁油の高帯電度化	(106)
4-2-1	絶縁油の高帯電度化の加速要因	(106)
4-2-2	絶縁油の高帯電度化の起点となる化合物の検討	(106)
4-2-3	絶縁油を高帯電度化させる化合物の検討	(108)
4-2-4	絶縁油の高帯電度化メカニズム	(109)
第5章 絶縁物の高帯電度化 (110)		
5-1	絶縁物の流動帯電特性	(110)
5-2	絶縁物の経年酸化による高帯電度化	(110)
5-3	絶縁物への絶縁油中化合物の吸着による高帯電度化	(111)
5-4	絶縁物の高帯電度化による流動帯電増大事例	(113)
5-5	絶縁物の高帯電度化メカニズムと流動帯電評価	(115)

5-5-1	絶縁物の高帯電度化メカニズム	(115)
5-5-2	絶縁物の経年を考慮した流動帯電評価	(115)
第6章	流動帯電の診断技術	(117)
6-1	診断技術の概要と変遷	(117)
6-1-1	流動帯電のメカニズムと診断技術	(117)
6-1-2	診断項目	(118)
6-2	測定技術	(120)
6-2-1	PB上の蓄積電荷密度測定	(120)
6-2-2	油中硫黄化合物量測定	(121)
6-2-3	帯電度測定	(122)
6-2-4	誘電正接および体積抵抗率測定	(122)
6-2-5	巻線漏れ電流測定	(122)
6-2-6	部分放電測定	(123)
6-3	変圧器の直流電界評価	(123)
6-3-1	変圧器の直流電界評価	(123)
第7章	稼働中変圧器のフィールド調査結果	(126)
7-1	フィールド調査内容	(126)
7-2	絶縁油の調査結果	(127)
7-2-1	変圧器運転年数と各種特性の関係	(127)
7-2-2	帯電電位および電荷密度と帯電度を含み絶縁油特性との関係	(130)
7-2-3	油中硫黄化合物と変圧器運転年数、各種特性の関係	(132)
7-3	経年PBの調査結果との関係	(136)
7-3-1	E工場 超高压内鉄	(136)
7-3-2	D工場 154kV内鉄	(136)
7-4	経年絶縁物(PB)の高帯電化増幅率について	(137)
7-5	まとめ	(137)
第8章	流動帯電に対する変圧器の抑制方策	(138)
8-1	機器設計に対する配慮	(138)
8-1-1	冷却	(138)
8-1-2	使用絶縁材料	(141)
8-1-3	絶縁物中の水分	(141)
8-2	絶縁油に対する配慮	(141)
8-2-1	油中水分	(141)
8-2-2	油劣化防止	(142)
8-2-3	油処理(油入替)	(143)
8-2-4	中身乾燥処理	(143)
8-2-5	注油処理(加熱脱気)	(143)
8-3	現地作業に対する配慮	(143)
8-4	当面の流動帯電抑制方策に対する検討	(144)
8-4-1	冷却制御方式の変更	(144)
8-4-2	気中曝露時間と回数の影響	(144)
8-4-3	気中曝露を伴う保全工事後のBTA添加	(144)
第9章	流動帯電に関する変圧器保守管理基準	(146)
9-1	保守管理対象変圧器の検討	(146)
9-1-1	保守管理対象変圧器の評価	(146)
9-1-2	保守管理対象変圧器のランク分け	(147)
9-2	流動帯電診断フローと管理基準	(148)
9-2-1	診断フロー	(148)
9-2-2	保守管理基準値	(149)

第Ⅳ編 事故障害発生時の影響評価	(152)
第 1 章 総論	(152)
1-1 背景	(152)
1-2 研究項目	(152)
第 2 章 事故障害事例, 系統への影響	(153)
2-1 事故障害事例, 系統への影響	(153)
2-1-1 変圧器異常時の対応事例	(153)
2-1-2 系統への影響	(154)
2-2 変圧器改修において考慮している事項	(155)
第 3 章 事故障害時の影響度評価方法	(157)
3-1 ハザード解析	(157)
3-1-1 はじめに	(157)
3-1-2 ハザード解析の概念	(157)
3-1-3 ハザード解析例	(158)
3-2 ハザード解析による事故発生確率, 障害発生確率の検討	(159)
3-2-1 検討条件	(159)
3-2-2 経年による事故発生確率の検討	(159)
3-2-3 変圧器部位別, 事故様相別の事故発生確率検討	(160)
3-2-4 経年による障害発生確率の検討	(161)
3-2-5 設備状態に応じた事故発生確率の検討	(161)
3-3 変圧器事故が系統に及ぼす影響度評価手法の検討	(162)
3-3-1 状態列挙法に基づく簡易手法	(162)
3-3-2 シミュレーションプログラムによる手法	(164)
3-3-3 解析結果	(164)
3-3-4 解析結果考察・評価	(166)
3-3-5 まとめ	(166)
第Ⅴ編 変圧器改修の考え方	(167)
第 1 章 変圧器改修の考え方	(167)
第 2 章 継続使用可否判断に資する評価項目	(168)
2-1 油中ガス分析	(168)
2-1-1 油中ガス分析に基づく改修判断の考え方	(168)
2-1-2 油中ガス分析での保守管理	(168)
2-2 流動帯電診断	(170)
2-2-1 流動帯電診断による改修判断の考え方	(170)
2-2-2 流動帯電の保守管理対象	(170)
2-2-3 流動帯電の保守管理項目	(170)
2-3 総合診断のための新たな診断技術	(171)
2-3-1 電気的手法による新しい診断技術の概要	(171)
2-3-2 その他の手法による新しい診断技術の概要	(171)
2-3-3 新しい診断手法適用に対する期待と展望	(172)
第 3 章 改修の優先順位付与に資する項目	(172)
3-1 系統への影響度評価	(172)
3-1-1 経年と事故発生確率	(172)
3-1-2 油中ガス分析結果と事故発生確率	(173)
3-1-3 変圧器事故が系統に及ぼす影響評価	(173)
3-1-4 系統への影響度評価時に考慮すべき事項	(173)
3-2 劣化現象	(173)
3-2-1 絶縁紙の劣化	(173)
3-2-2 同形劣化事象	(174)
3-3 その他	(174)

3-3-1 保守性	(174)
3-3-2 経済性	(175)
3-3-3 運転履歴	(176)
第4章 改修計画策定時の配慮事項	(176)
4-1 後年度の設備投資	(176)
4-2 工事対応能力	(177)
付録 1 異常診断表による診断と IEC 法による診断	(178)
付録 2 LTC 切換開閉器室からの絶縁油混入診断補足資料	(180)
付録 3 標準試料油作製方法	(183)
付録 4 油中ガス分析アンケート調査結果	(185)
付録 5 多変量判別分析	(192)
付録 6 その他のガス抽出方法など	(197)
付録 7 蓄積電荷密度測定	(198)
付録 8 油中硫黄化合物量測定	(206)
付録 9 フィールド変圧器高帯電度化調査結果	(208)
付録 10 プレスボード上蓄積電荷密度の管理値	(210)
付録 11 電気的手法による新しい保全診断技術	(212)
付録 12 その他の手法による新しい保全診断技術	(217)
付録 13 新手法導入による効果の検討	(219)
付録 14 状態列挙法を用いた簡易計算手法	(222)
付録 15 管理帳票例	(223)

CD-ROM 収録データ

- CD 付録 1 平常運転変圧器の油中ガス分析アンケート調査結果
- CD 付録 2 流動帯電アンケート調査結果
- CD 付録 3 海外文献調査結果 (油中ガス分析関連, 流動帯電関連, 事故障害対応関連)
- CD 付録 4 状態列挙法による信頼度計算 (エクセルシート)