

最近の独逸における絶縁協調

(独逸規格 VDE-0111 解説)

技術部変圧器課

山本 廣三郎

Latest Practice of Insulation-Co-ordination in Germany

By Hirosaburo Yamamoto

(Transformer Div., Eng'g Dept.)

Synopsis

The author describes the latest practice of insulation-co-ordination in Germany on the basis of German regulation VDE 0111. It contains the a. c. and impulse test voltages for direct earthed ultra-high-tension transmission lines and a recommendation of adoption of protecting air gaps for the equipment without the arrester.

概 説

昨年発表された独逸の VDE 規格 VDE-0111/...52は、戦後の数年間独逸において討論された電気設備の交流及び衝撃試験電圧に対する規格の草案であって現在なお討

第 1 表 非接地交流試験電圧(常規絶縁)

絶縁階級	公称電圧 kV	最高回路電圧 kV	試験電圧 (kV)				
			A	B	C	D	E
1	1	1.15	15	—	10	3.5	—
3	3	3.5	30	33	27	10	6
6	6	7	40	40	33	20	11
10	10	11.5	53	50	42	30	17
15*	15	17.5	—	64	53	40	25
20	20	23	86	75	64	50	33
30**	30	35	119	100	86	70	48
45***	45	52	169	—	119	90	70
60	60	70	218	—	152	120	90
110	110	125	383	—	262	220	—
150	150	170	515	—	350	300	—
220	220	250	745	—	505	440	—

* 群B, 群Cによる導体及び群Dによる変圧器に対してのみ

** 階級 30 は定格電圧 35 kV の既設送電線に対して暫定的に適用する

*** 既設の 50 kV 網の導体絶縁に対しても適用する, 新設には用いない

議は続行されているが、いずれ多少改訂の上正式に決定されて / の後に年と月が記入され発表される事と思う。

この規格は在來の非接地ないしは間接接地の 1 kV 以上 220kV に至る絶縁階級の交流及び衝撃試験電圧を與えているのみならず、直接接地系統に 110E から 380E に至る標準電圧を與、えそれに対する試験電圧を含んでいる点に大きな興味があると考えられる。この規格の実体は第 1 表ないし第 6 表とその但書のごとくであるが、その説明書をも含めて要約してごく簡単に補足的説明を記して最近の独逸における絶縁協調の傾向を伺う事とする。

第 1 表及び第 2 表は、間接接地「及び直接接地」系統並びにこれに使用される機器に対する交流試験電圧を示しており、第 3 表及び第 4 表はこれに対する衝撃試験電圧を示している。第 5 表及び第 6 表はこれらの系統に併用、特に避雷器の設備の無い場合に設置を推薦される保護間隙のデータである。第 1 表は非接地ないし間接絶縁の系統に対するもので常規絶縁と呼称される。第 2 表は直接接地の系統に対するもので低下絶縁と呼ばれる。1 線直接接地(電鉄に多い)の場合は但書に示された増加絶縁となる。第 1 表及び第 2 表は適用される施設及び機器の種類によって A, B, C, D 及び E の 5 種に分って適用されること但書の通り、第 3 表は非接地ないし間接接地に対するもの、第 4 表は直接接地に対するもので両者いずれも施設及び機器の種類により低絶縁レベル、中絶縁レベル、高絶縁レベルの三つのレベルに分けられ適用される事これも但書きの通りである。

中性点直接接地の場合の交流試験電圧は非接地の場合

の80%をとっている。これは直接接地系統の1線地絡の場合の他線の電圧が、大地に対して△型電圧(線電圧)の80%以上に昇らない事、また多数の実験と経験による開閉サージの値も非接地の場合に比べて大差の無い事から決定された。直接接地系統の衝撃電圧に対する絶縁レベルは交流試験電圧に対すると同じ考察から非接地の場合の85%とした。また高絶縁レベルは中絶縁レベルより少くとも 1.25 倍の強度を有するものとした。第3表及び第4表の中絶縁レベルの衝撃耐圧値と50閃絡値とはそれぞれ第5表及び第6表の負極性の耐圧値と閃絡値に等しくなっている。

例外として 20-110 kV の屋内用設備の碍子は避雷器と同一の絶縁レベルでよろしい。これは現在これに相当する機器の閃絡距離が相当小さくて、永年無事故で間に合っているからである。

第2表 110 kV 以上の直接接地系統の交流試験電圧 (低下絶縁)

絶縁階級	公称電圧 kV	最高回路電圧 kV	試験電圧(kV)		
			A	C	D
110E	110	125	305	210	175
150E	150	170	415	280	240
220E	220	250	595	405	355
300E	300	330	810	545	480
380E	380	400	1050	750	640

商用周波数に対する絶縁能力の証明

第1表及び第2表交流試験電圧に対し

- 1) 群A; 断路器及び可熔器の開放極間
群B; 1線直接接地の交流電鉄用架空線用碍子
群C; 架空線用碍子, 高圧器具, 避雷器の外笠, 10 kV 超過の蓄電器の容器に対する層, 短絡保護用塞流線輪, 計器及び変成器
群D; 変圧器, 1極接地の変成器, 交流開閉及び制御器具(交流 500 V 以下), 10 kV 以下の蓄電器の容器に対する層, 整流器
群E; 蓄電器の層間, ケーブル, 絶縁導線
- 2) 1線直接接地の機器に対しては第1表において一段高い絶縁階級の試験電圧を採る(増加絶縁), ただし, 電動車用機器を除く
- 3) 星形中性点の導線の絶縁に対しては
抵抗または塞流線輪接地の場合は第1表C群の試験電圧, 直接接地の場合はその絶縁階級のD群の試験電圧の 1/10 を採る

第3表 非接地系統の絶縁レベル

絶縁階級	公称電圧 kV	最高回路電圧 kV	低絶縁レベル	中絶縁レベル		高絶縁レベル
			避雷器の保護レベル kV	衝撃電圧耐圧値 1/50 kV	50%閃絡電圧 kV	衝撃波耐圧値 kV
1	1	1.15	5	20	22	25
3	3	3.5	13	40	45	50
6	6	7	26	60	67	75
10	10	11.5	44	80	89	100
(15)	(15)	(17.5)	(60)	(100)	(110)	(125)
20	20	23	80	125*	140	155
30	30	35	125	170*	190	215
45	45	52	185	235*	260	295
60	60	70	245	300*	335	375
110	110	125	415	505*	560	630
150	150	170	570	650	720	810
220	220	250	850	910	1010	1140

* 20 kV ないし 110 kV の屋内用機器の, 中絶縁レベルの衝撃耐圧値は欄4の避雷器の保護レベルと同じでよい

第4表 直接接地系統の絶縁レベル

絶縁階級	公称電圧 kV	最高回路電圧 kV	低絶縁レベル	中絶縁レベル		高絶縁レベル
			避雷器の保護レベル kV	衝撃電圧耐圧値 1/50 kV	50%閃絡電圧 kV	衝撃波耐圧値 kV
110E	110	125	370	430	475	540
150E	150	170	485	550	610	690
220E	220	250	725	780	860	980
300E	300	330	930	1000	1110	1250
380E	380	400	1350	1600	1800	2000

雷電圧に対する絶縁能力の証明

第3表及び第4表に対し

- 1) 低絶縁レベルは避雷器。
中絶縁レベルは空気絶縁の高圧導体と大地間。
高絶縁レベルは固体, 液体あるいは圧力を加えられたガス絶縁物, 閉鎖または到達困難の空気絶縁, 断路器の開放極間及び絶縁された電網間の絶縁に適用される
- 2) 1線直接接地の設備に使用される機器は第3表で一段高い絶縁階級の絶縁レベルを採る
- 3) 避雷器で保護されていない設備は適当な箇処に保護間隙を取付る

第 5 表 非接地系統の保護間隙の絶縁レベル

1 公称 電圧 kV	2 最 高 回路電圧 kV	3 衝撃電圧耐圧値 1/50		5 50%閃絡電圧 1/50		7 保護間隙 の間隙長 mm
		正 kV	負 kV	正 kV	負 kV	
6	7	57	60	63	67	60
10	11.5	76	80	84	89	95
(15)	(17.5)	(95)	(100)	(105)	(110)	(120)
20	23	120	125	132	140	155
30	35	150	170	165	190	220
45	52	200	235	220	260	305
60	70	250	300	280	335	400
110	125	435	505	483	560	750
150	170	570	650	630	720	1000
220	250	795	910	885	1010	1450

第 6 表 直接接地系統の保護間隙の絶縁レベル

1 公称 電圧 kV	2 最 高 回路電圧 kV	3 衝撃電圧耐圧値 1/50		5 50%閃絡電圧 1/50		7 保護間隙 の間隙長 mm
		正 kV	負 kV	正 kV	負 kV	
110	125	370	430	410	475	620
150	170	485	550	535	610	830
220	250	675	780	750	860	1210
300	330	880	1000	975	1110	1600
380	400	1400	1600	1550	1800	2650

保 護 の 基 準

運転操作の見地から要求される絶縁の強度については原則として次のごとく考えられている。例えば負荷遮断の時長い線路端における電圧上昇等、運転時の電圧上昇は最高許容電圧の 1.3 倍を超えてはいけない。この過電圧は適当な方法で速やかに許容最高電圧まで低下せしめる必要がある。閃絡は接地部分との間に起り絶縁された他回路との間に起ってはいけない。回路の大地に対する絶縁よりは回路と回路との間の絶縁の方が丈夫である事、少くとも開放された断路器のそれに等しい事が要求される。開閉による内雷に耐える事は無論であるが天候のいかんを問わずまた表面の汚れに耐えなければならない。このため降雨状態あるいは汚損した状態で電圧試験を行う事が規定されている。また絶縁低下した非直接接地の変圧器中性点には必ず過電圧保護装置を付ける。

雷電圧に対する絶縁の協調

施設の絶縁を強化して直接の雷撃に対抗させる事は困難であり経済的でもない。交流試験電圧に耐えた送電線の碍子は侵入波の値をその閃絡電圧に抑える。しかし一般にはその50%閃絡電圧を超過するものが侵入する可能性がある。この過圧の侵入は施設内にある機器外部の気中間隙で受けて変圧器、機械、電纜、変成器、高压器具の内部には事故が起らぬようにする。これら機器の内部絶縁は設備中の最高絶縁能力を持たせる。外部絶縁の絶縁能力はいわゆる中級絶縁レベルで、機器の内部絶縁いわゆる高絶縁レベルより充分低くなっていなければならぬ。断路器、負荷断路器、接合板断路装置、可熔器保持器の同一相の断路部分相互間は機器の内部絶縁のレベルに一致せねばならぬ。離れた回路間の絶縁も同様である。

屋外施設の絶縁は汚れによる絶縁低下を考えて内雷の要求する値より高くせねばならぬ、また避雷器の無い場合には外部絶縁の能力を保護間隙で低下せねばならぬ。

この保護間隙の耐衝撃電圧は第5表及び第6表の間隔によって定められる。保護間隙は絶縁協調の見地から見て補助的のもので原則として VDE-0675 による避雷器の設置に努力せねばならぬ。避雷器は系統の保護レベルを定めるいわゆる低絶縁レベルで、この保護レベルは中絶縁レベルより充分低くする。弁型避雷器の保護レベルは第3表及び第4表に與えられている。管状避雷器のこの値は第5表及び第6表の第3行の保護間隙の対圧値より高くなってはいけない。

第5表及び第6表の間隔は、気圧 760 托、水銀柱温度 20°C、湿度 11 g/m³ に相当する高度 500 m ごとに 7.5% を増大する。

雷電圧に対する保護

架空線に対しては地線による保護を施す、特に 110kV 以上のものは1本または数本の地線で保護すべきである。保護を有効にするためには地線は送電線の導体に対して充分高く張り各塔ごとに接地せねばならぬ。経験によるに地線と導体との間の垂直と水平の距離の比は 1.5 を下ってはいけない。全距離に地線を設置する事が経済的に許されぬ場合は変電所あるいは直列されたケーブルの入口から若干 kM を地線で保護する。地線は極力変電所内まで引込み接地板に結ぶ。地線を地上線で導入できぬ場合は地中線で変電所の接地板まで導く。屋外変電所の場合は地線を変電所上部にも延長する。地線に落雷した場合鉄塔から導体への逆閃絡を防ぐため鉄塔の接地抵抗

をできるだけ低下させる。そして雷電流60kAまでの電圧降下を架空線の耐衝撃電圧値より下にあるようにする。

避雷器の設備は特に60kVまでに是非推薦される。このクラスまでは鉄塔の接地抵抗を経済的に充分低くする事が困難であるからである。保護作用をできるだけ完全にするためには避雷器は被保護機器のできるだけ近くに置く。60kVまでの全距離に地線無しの架空線は管状避雷器によって保護する。

商用周波数電圧に対する絶縁能力の試験

機器の絶縁は製作直後乾燥した状態で第1表及び第2表により個別試験を行う。この値は交流閃絡電圧の約90%に相当する。碍子及び碍子を有する機器は型式試験によって閃絡交流電圧が第1表及び第2表の値より少くとも10%上にある事を試験する。機器本体の試験電圧が附属碍子より低い場合には碍子は本体より離して型式試験を行う。屋外用の碍子は降雨状態及び汚損状態での試験をも行う。水の導電率は $100 \mu\text{Scm}^{-1} \pm 10\%$ 蒸溜水と水道水を混じて作る。降雨の方向は 45° 量は 3 mm/min 加圧に先だちあらかじめ5分間降雨状態に置く。汚損状態での試験は詳細をVDE-0443により模型試験を行う。

試験用発電機と変圧器はVDE-0442によったものを使用する。被試験品を配置する場合電界が運転状況に適するごとくする。特に実地使用状態で接地する部分は必ず接地して試験する。

全絶縁のものは現地の使用周波数に関係なく50C、段絶縁のもの、例えば変圧器、塞流線輪、電圧変成器等は必要に應じ高い周波数で試験する。試験電圧を上昇するには1/2から始めて連続的に、あるいは最大5%の段階で10秒より速くなく規定値まで上げる。閃絡試験の際は試験電圧から閃絡電圧までなるべく迅速に上げる。全電圧の加圧時間は1分間、但し他のVDE規格で定められているものはそれによる。例えばVDE-0670の套管及び陶磁器数は後者の例である。

衝撃電圧に対する絶縁レベルの試験

低、中及び高絶縁レベルのいずれに対しても $\pm 1/50$ の衝撃電圧が加えられなければいけない。避雷器のない施設では保護間隙を設けなければならない事上述した通りである。低絶縁レベルに属するものとして弁型避雷器があるがこの試験は詳細VDE-675によって行う。

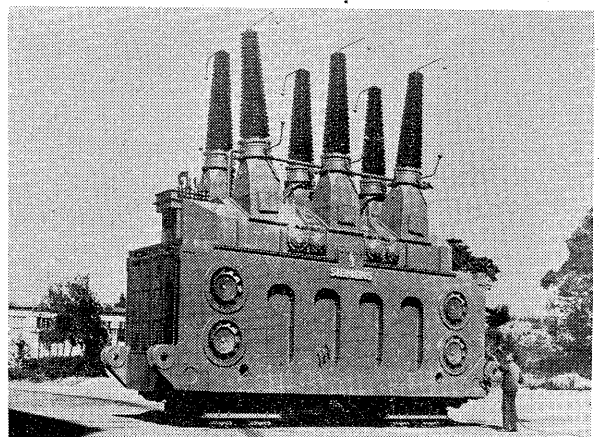
中絶縁レベルに属するものはVDE-0450により十及び一極性の衝撃電圧を與えて型式試験を行う。5回衝撃を與えてこれに耐えれば及第とする。5回の中1回内絡

した場合は、なお5回続けてこれに耐えれば良好と見做す。附属碍子より低い交流試験電圧のものは碍子を除いて行っても可。

高絶縁レベルに属するものの試験は次の順序で6回負極性の衝撃電圧を與える。先ず75%電圧値の衝撃を2回與える(調整試験)。次に第5表あるいは第6表の第7行目に與えられた保護間隙で第3表あるいは第4表の第7行の衝撃電圧を2回與える(截断波試験)。この場合間隙は貫通しなければいけない。最後に第3表あるいは第4表の第5行の衝撃を2回與える。この場合保護間隙は貫通しないように調整して置く(全波試験)。これらの場合被試験物例えば変圧器あるいは蓄電器等が大型の場合は製作者と注文者との話し合いにより模型について試験を行っても差支えない。

結 言

絶縁階級380Eに対する各レベルの衝撃試験電圧値は220Eのそれと正比例せしめたのより10~15%高い。それはVDEとDVGの協力による380kV研究委員会の避雷器の電圧がそれだけ高く選ばれたからである。第3表及び第4表の中絶縁レベル中110kV以上のものはIECのそれより約10%程低い。また瑞典の380kVのそれは1775kVであるに対し本案では1600kVとなっている。



第1図 80,000kVA, 300kV, 3相ファールバル型変圧器
Fig. 1 Transportable-type Transformer

欧州における超高压送電線としては昨年10月に送電を開始した独逸のBrauweiler(Köln)とRheinau(Manheim)間の270kmと昨年4月に送電を開始した瑞典のHalsprangetとMidskog間の約50kmが挙げられる。後者は近々Halsbergまで延長され全長1,000kmとなるはずである。いずれも星形中性点は直接接地されている。独逸の変圧器の套管には原則として本規定による保護間隙を附属している。第1図の写真はその一例で、80,000kVA, 300kVの3相変圧器(Brauweiler変電所用)を示した。(終)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。