

省スペース化にこたえる超小型 66/77 kV C-GIS

Compact 66/77 kV C-GIS That Meets Space-Saving Requirements

正木 信男
N. Masaki

吉田 哲雄
T. Yoshida

加藤 幸一
K. Kato

工場、ビルなどの需要家受変電設備のスペース生産性向上を旨とし、よりいっそうの電源信頼性向上と省スペース化を実現させた超小型 66/77 kV C-GIS (キュービクル型ガス絶縁スイッチギヤ) を製品化した。ガス処理レスの固体絶縁母線と直流課電能付き T 形ケーブルヘッドを装備した C-GIS は、カセット化機器を正面に配置し集積度を上げ、ガス中複合絶縁技術を使用して現行の 1/2 にまで小型化した。

この C-GIS は、運用の自由度と保全性を確保するため並列配置し、電源信頼性を向上させるため系統の二重化対応に複母線を配置した。また、省スペース化のために上部母線と変圧器上部を直結させて一列配置にした。この超小型 C-GIS により、約 30 年前の大気絶縁スイッチギヤ受変電設備のリニューアルが容易にできる。

For improved economy of customers' substation facilities, we have developed a compact 66/77 kV cubicle type gas-insulated switchgear (C-GIS) that realizes enhanced reliability of power supply and a significant saving in installation space.

In order to install all of the devices within the depth of the switchgear and reduce the switchgear size, the devices are combined into a cassette. In addition, composite insulation is adopted to further reduce the volume to one-half that of current switchgears. The significant size reduction combined with increased freedom of operation enables easy renewal of aging facilities with this C-GIS, which requires only the transformer space of the air-insulated switchgears of 30 years ago.

1 まえがき

1984 年に、工場、ビルなどの需要家用受変電設備のスイッチギヤを対象にして、真空遮断器を収納し低圧力 SF₆ガスを封入した 66/77 kV C-GIS⁽¹⁾を製品化した。この C-GIS は省スペース・省メンテナンス性が市場に受け入れられ、今日では、66/77 kV 受変電設備の約 70 % に採用され好評を得ている。

今回、よりいっそうのスペース生産性向上を目的に現行 C-GIS の 1/2 に小型化した超小型 66/77 kV C-GIS (図 1) を開発した。以下、開発コンセプトと縮小化技術を紹介する。



図 1. 超小型 66/77 kV C-GIS 製品全体と 97 開催の東芝技術展 "TOMORROW 21" に展示した C-GIS 外観。

External view of compact 66/77 kV C-GIS

2 C-GIS 化の変遷と製品範囲

60 年後半から市街地での電力供給量が増加したのを契機に、69 年に配電用変電所の電力供給設備として、66 kV 高圧力 SF₆GIS が運用開始された⁽²⁾。また、76 年まで大気絶縁スイッチギヤを製作していたが、受変電設備の耐環境性向上・省スペース化のため、同年にこの GIS を需要家に適用した。その後の社会発展に伴い、ビルの高層化および高度情報化に適した、電源の信頼性向上といっそうの省スペース化を図れるスイッチギヤが要求され、この要請にこたえるため 84 年に真空遮断器収納の 66/77 kV C-GIS を製品化した^{(3),(4)}。図 2 の製品範囲の C-GIS は、87 年に 22/33 kV⁽⁵⁾ C-GIS を、今年は二次側スイッチギヤ用に真空遮断器

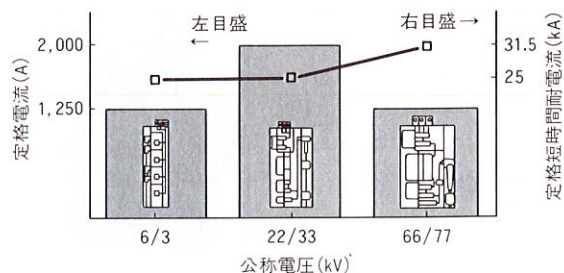


図 2. 当社 C-GIS の製品範囲 6/3 kV から 66/77 kV クラスの C-GIS をシリーズ化し、トータルガス絶縁の受変電設備を可能にした。

Voltage range of Toshiba C-GIS models

を4段積みした6/3 kV C-GISを製品化し、トータルガス絶縁の受変電設備を可能にした。

3 開発コンセプトと縮小化技術

3.1 開発コンセプト

今回のC-GISは、受変電設備のよりいっそうのスペース生産性向上⁽⁶⁾を実現させるため超小型化し、操作部を正面に配置して保全性を向上させることを開発コンセプトとした。

3.1.1 超小型化 受変電設備の特徴は、電力供給側と需要家側の間に電力受給用の計器用変圧変流器(VCT)が設置されることにある。このVCTの無停電定期点検対応のため、バイパス、または二組のVCTを設けたスケルトンが増加している。また、不燃化の要求から接続部⁽⁷⁾と本体をガス絶縁化したVCTが普及している。

今回のC-GISは、このVCTを対象とした省スペース化のねらいから、次の“目標外形”を掲げ超小型化を目指した。

- (1) 幅 受電盤は、電力ケーブルヘッド(CH)を収納できる850 mmとする。PCT盤は、VCTを接続できる2,000 mmとする。
- (2) 高さ トラック輸送できるように高さを2,500 mmとする。
- (3) 奥行き VCT本体を収納できる奥行きを1,700 mmとする。

図3に、スケルトンを基に収納機器をシンボルで表現した受電盤の単位回路と、側面から見たVCT輪郭との相関関係を示す。このVCTを収納できる前記の“目標外形”、特に奥行き寸法内に、受電盤単位回路の機器を図のシンボル位置に配置させることを超小型C-GISの開発構想にした。

3.1.2 正面操作 操作部を正面に配置し、前面保守を可能にするため、収納機器は操作機構部とガス中の開閉部、遮断部を一体構成にした。

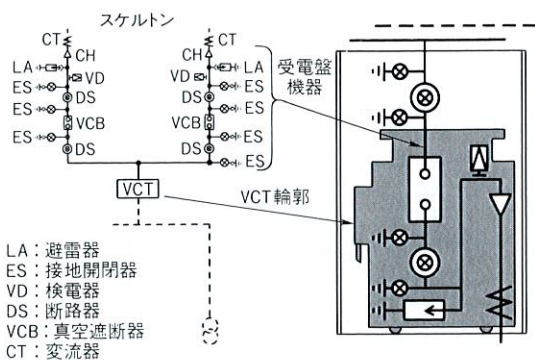


図3. 超小型C-GIS開発構想 シンボルの位置に受電盤収納機器を正面に配置し、超小型化を図る。

Development concept of compact C-GIS

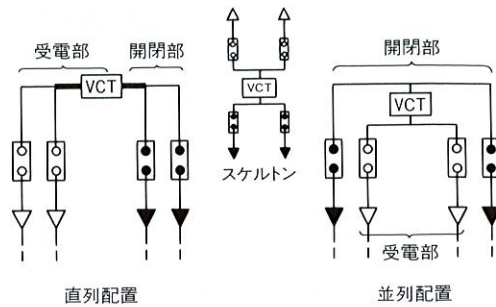


図4. 盤列比較 左右対称の並列配置は運用の自由度が大きく保全性に優れている。受電部を中央配置することで増設拡張ができる。

Circuit arrangement

3.1.3 運用の自由度 図4に、受電遮断器からVCTまでを受電部、VCTから変圧器回路の遮断器までを開閉部とした盤単位回路の配列を示す。図からわかるように、直列配置の場合は母線部に共通部があり運用の自由度が少ない。これに対し、スケルトンと同様の並列配置は、VCTを境に左右対称で片側受電および片側運転が可能で、運用の自由度が大きく保全性に優れ、受電部を中央に配置して増設拡張を可能にした⁽⁸⁾。この、盤配置を可能にするため複母線を盤上部に配置し、盤幅で接続でき隣接盤を越えて接続できる母線構成にした。

3.1.4 ガス処理レス C-GIS製品化を機会に、輸送時分割部の母線は、品質確保のためガス封入密閉容器を解放せずにガス処理レスで接続することをねらいにした。すでに絶縁抵抗については、低電圧絶縁端子を用いて解放せずに測定試験を実施していた。母線接続部は、この試験機能を付加した両機能をもつ高圧端子とし、固体絶縁と界面絶縁技術を駆使して図5の“T”形のブッシング(以下、Bgと略記)の構成にした⁽⁹⁾。T形Bgの二組の受容口は、図5の母線接続のほか、機器接続、電圧印加、バイパスなどの機能を組み合わせて広い用途に使用できる。

このT形を応用した図5のT形CHは、盤背面に取り付けて受電変流器スペースを確保でき、接続作業を改善できる特長がある⁽¹⁰⁾。さらに、電力ケーブルの直流課電試験ができ、C-GISと区分できる断路機能付きT形CHを製品化

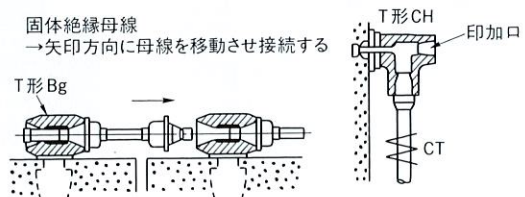


図5. 母線構成とT形CH T形Bg間をCVケーブルで接続するガス処理レスの母線と、T形を応用した印加口付きT形CH。

Busbar configuration and T-shaped cable head

した⁽¹¹⁾。

このほか、現地接続する VCT は、工場で VCT を接続して輸送することで現地のガス処理レス化を実現できる。

3.2 縮小化技術

開発コンセプトの“目標外形”の実現策として、収納機器を高集積化しガス中複合絶縁技術を採用した。

3.2.1 高集積化 収納機器の接地開閉器と断路器は複合・カセット化構成にして小型化し、正面に配置した。真空バルブは、多段シールド構成にして真空絶縁の利用効率を高めてスリム化を図った。主回路はフレキシブル導体をコンパクト化し、機器を近接配置させ高集積化した。

3.2.2 ガス中複合絶縁 各種の絶縁技術⁽¹²⁾の進歩によりスイッチギヤを小型化してきたが、ここではガス中複合絶縁を採用した。ガス絶縁の電界緩和シールドは、曲率を大きくして電界最適化を行うが、機器のさらなる高集積化には、主回路導体レイアウトが自由にできる小型シールドが必要である。この小型シールドを次のガス中複合絶縁を使用し可能にした。(1)式の曲率(R)と電界(E)の関係と電界利用率(U)の関連を図 6 に示す。

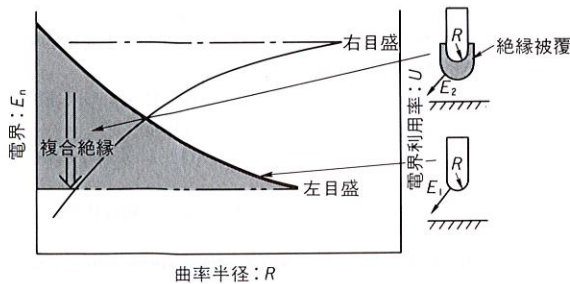


図 6. 複合絶縁の概念 電極を絶縁被覆し、電極部の電界を抑制して電界利用率を向上させ縮小化する。

Concept of gas-solid composite insulation

$$E = 89 \cdot P(1 + 0.175/\sqrt{P \cdot R}) \text{ (kV/cm)} \quad (1)$$

ここで、 P は SF_6 ガス圧力

R が大きい領域は E が低く U が向上し、 R が小さい領域では E が高く U が低下する。この R の小さい領域の電極を絶縁被覆して電極部の E を抑制し、絶縁最適化して縮小化を図るのがガス中複合絶縁の概念である⁽¹³⁾。

このガス中複合絶縁の電圧特性を図 7 に示す。 R が 15 mm の金属電極の電圧は、絶縁被覆したことで約 1.5 倍に上昇し複合絶縁が縮小化に有効である。(1)式は P の関数であり、圧力でさらに特性を上昇させることができる。この曲率を小さくできる複合絶縁は、角柱状絶縁シールド構成が可能になり、これを断路器⁽¹⁴⁾に適用し小型化した。

この技術を絶縁スペーサに活用し、ベルマウス電極を絶縁被覆して接地電位を安定させ、スペーサを小型化した。

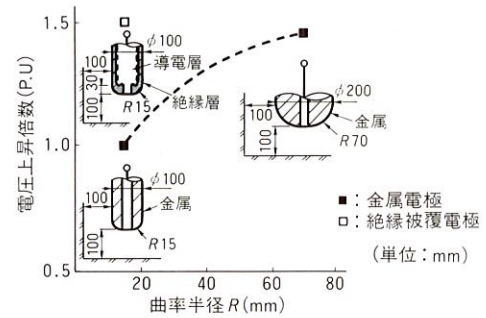


図 7. 複合絶縁電圧特性 R の小さい電極を絶縁被覆した複合絶縁で、約 1.5 倍の電圧特性を得ることができる。

Voltage characteristic of composite insulation

4 超小型 C-GIS

機器の正面配置と並列配置による保安全性確保、および盤上部母線と変圧器を直結して省スペース化するなどの開発コンセプトを、複合絶縁技術を用いて“目標外形”で実現した受電盤構成を図 8 に示す。超小型 66/77 kV C-GIS⁽¹⁵⁾

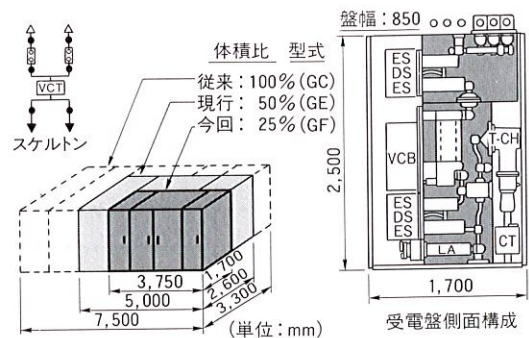


図 8. C-GIS 外形推移 カセット化機器の正面配置と複合絶縁技術を駆使して、現行 C-GIS 外形の 1/2 を実現した。

Changes in C-GIS external dimensions

は、同図の外形推移から初期の 1/4、現行⁽¹⁶⁾の 1/2 にまで小型化した。この C-GIS は、ループ受電・バイパス回路などのスケルトンに適用可能で、自己診断装置を装備でき屋外設備にも対応できる。

超小型 C-GIS を用いた省スペース化を次に列記する。

(1) 盤幅のスリム化により、盤上部母線と変圧器上部を直結させ、図 9 の現行の U 字形配置から一列配置が可能になり、後部スペースを削減できる。さらに、前面保守構成にして、二次側の 6/3 kV スwitchギヤを一体化させた集合形受変電設備⁽¹⁷⁾とし、変電所の機器占有率を向上させることによっていっそうの省スペース化が可能となる。

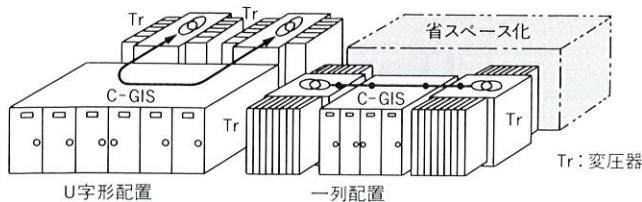


図9. 省スペース配置 盤幅をスリム化し上部母線と変圧器上部を直結させ、U字配置を一列配置にして省スペース化ができる。
Space-saving panel arrangement

- (2) 受変電設備の主機器である変圧器の占有比率を大きくさせることが省スペース化の尺度になる。図10に体積比推移を示す。約30年前の大気絶縁スイッチギヤは、変圧器体積の約25から15倍を要していたが、超小型C-GISでは約1/2の体積で済み、変圧器占有率が大きくなり変電所スペースを再活用できる。
- (3) 図11に、大気絶縁スイッチギヤ時代の変圧器スペースに超小型C-GISを用いた新たな受変電設備を設置した例を示す。このリニューアルで生み出した余剰スペースを他に転用でき、スペース生産性を向上させることができる。

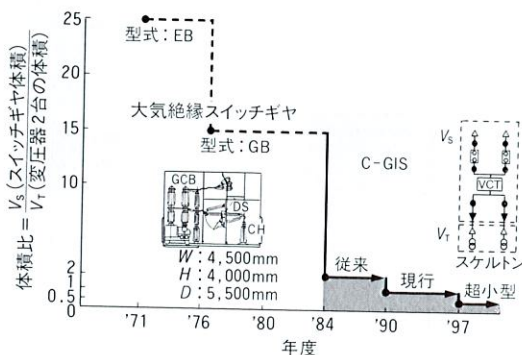


図10. 体積比推移 超小型C-GISは、受変電設備の主機器である変圧器占有率を大きくし、省スペース化を可能にした。
Changes in volume

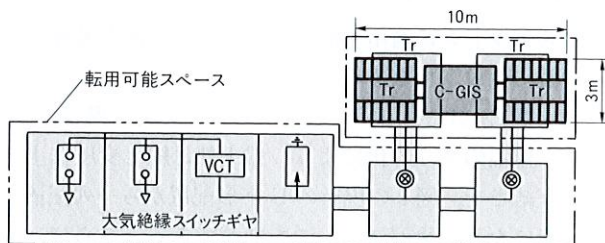


図11. 超小型C-GISを用いたリニューアル 大気絶縁スイッチギヤ時代の変圧器スペース内でリニューアルが可能である。
Renewal using compact C-GIS

5 あとがき

省スペース化を実現した超小型66/77kV C-GISの開発コンセプトを説明したが、今後も受変電機器の小型化を進め、装置の複合・システム化⁽¹⁸⁾を促進し、さらに受変電設備の総合経済性を追求していく考えである。

文 献

- (1) 電気学会：キュービクル形ガス絶縁開閉装置(C-GIS)の技術動向，電気学会報告(II部)，No.442(1992)
- (2) 剣持 宏，他：66kV SF₆絶縁密閉形開閉装置，東芝レビュー，24，6，p.749(1969)
- (3) 杉本正尚，他：真空遮断器収納72kV C-GISの開発，昭和59年電気学会全国大会，No.1200(1984)
- (4) 松沢喜久雄，他：キュービクル形ガス絶縁開閉装置の開発，生産と電気，36，9，p.28(1984)
- (5) 生田正樹，他：24/36kV キュービクル形ガス開閉装置，東芝レビュー，43，5，p.441(1988)
- (6) 正木信男，他：66/77kV C-GISへのガス中複合絶縁の応用，電気学会，電気学会論文誌B，110，12，p.1006(1990)
- (7) 吉田哲雄，他：66/77kV ガス絶縁PCT接続部の開発，平成7年電気学会全国大会，No.1524(1995)
- (8) 郷 富夫，他：真空遮断器収納66/77kV 受電設備，電気と管理，53，9，p.43(1985)
- (9) 正木信男，他：66/77kV C-GIS用スリップオン式ケーブル接続部の開発，昭和電線電纜レビュー，37，2，p.176(1987)
- (10) 宮川 勝，他：24/34kV T形ケーブルヘッドの開発，平成3年電気学会全国大会，No.1488(1991)
- (11) 恩田光弘，他：66/77kV C-GIS用直流課電機能付きT形終端接続部の開発，昭和電線電纜レビュー，43，2，p.118(1993)
- (12) 電気学会：中電圧開閉装置の絶縁方式の技術動向，電気学会報告，No.622(1997)
- (13) 吉田哲雄，他：C-GISに用いられる各種複合絶縁の絶縁特性，電気学会論文誌B，116，10，p.1279(1996)
- (14) 阪口 修，他：66/77kV C-GIS用小形断路器の開発，平成1年電気学会全国大会，No.1365(1989)
- (15) 宮崎靖浩，他：21世紀の受配電を支える超コンパクトC-GIS，東芝レビュー，52，5，p.70(1997)
- (16) 大島 巖，他：受電設備用ガス絶縁式真空スイッチギヤ，東芝レビュー，45，2，p.19(1990)
- (17) 大竹史朗，他：スイッチギヤの絶縁設計と集合形受変電設備，東芝レビュー，48，p.761(1993)
- (18) 渡部剛士，他：中電圧スイッチギヤの複合・システム化製品とその技術動向，電気学会，SP-97-8，p.7(1997)



正木 信男 Nobuo Masaki

電機システム事業部 産業施設システム技術部主幹。
C-GISの開発・普及と需要家用受変電設備のエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
Industrial Automation Systems Div.



吉田 哲雄 Tetsuo Yoshida

府中工場 スwitchギヤ部主務。中電圧スイッチギヤの気中絶縁，複合絶縁，固体絶縁および低圧力SF₆ガス絶縁に関する研究開発に従事。電気学会会員。
Fuchu Works



加藤 幸一 Koichi Kato

官公システム事業部 施設システム技術第一部主査。
官公・施設用受変電システムのエンジニアリング業務に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.