



集中管理型のDC配電による CEA設備のパフォーマンスの改善

ジェームズ・イーブス

屋内栽培業務に対する集中管理型DC配電の安全性、効率、レジリエンスのメリットについて詳説する。

ますます多くのアーキテクトやエンジニアが、集中管理型の直流(DC)配電を使用した屋内農園や温室の設計を推奨している。それによって、エネルギー効率、運用柔軟性、生産品質、そして農園の物理的デザインを最適化する能力を、大幅に拡大することができるためである。

本稿ではまず、栽培用LEDに特に焦点を当てて、集中管理型DC配電のメリットを解説する。栽培用LEDは、屋内農園の中で群を抜いて多くの電力を消費するためである。また、集中管理型DC配電設計がそのメリットにもかかわらず、まだ広く普及していない理由を説明する。最後に、集中管理型DC配電を実用化して、さらに多くのメリットを生み出す、配電技術の新たな

な進歩によって、この状況に変化がもたらされると考える理由を説明する。

集中管理型DC配電とは

集中管理型DC配電設計では、各機器ではなく、電気室などの中央の1つのロケーションで、AC電力がDC電力に変換される。例えば、従来のAC設備では、各LED照明器具に個々にドライバーが採用されている。集中管理型DC配電構成では、AC電源からDCへの変換が電気室で行われ、そのDC電力が、栽培空間にあるドライバーレスのLEDに分配される。些細な違いだが、それによって制約が取り除かれて、最適化の機会が創出される。現代的な農園においてDC電力で動作する機器はますます増加しており、集中管

理型DC配電モデルは、農園のパフォーマンスの最適化に役立つ。

集中管理型DC配電のメリット

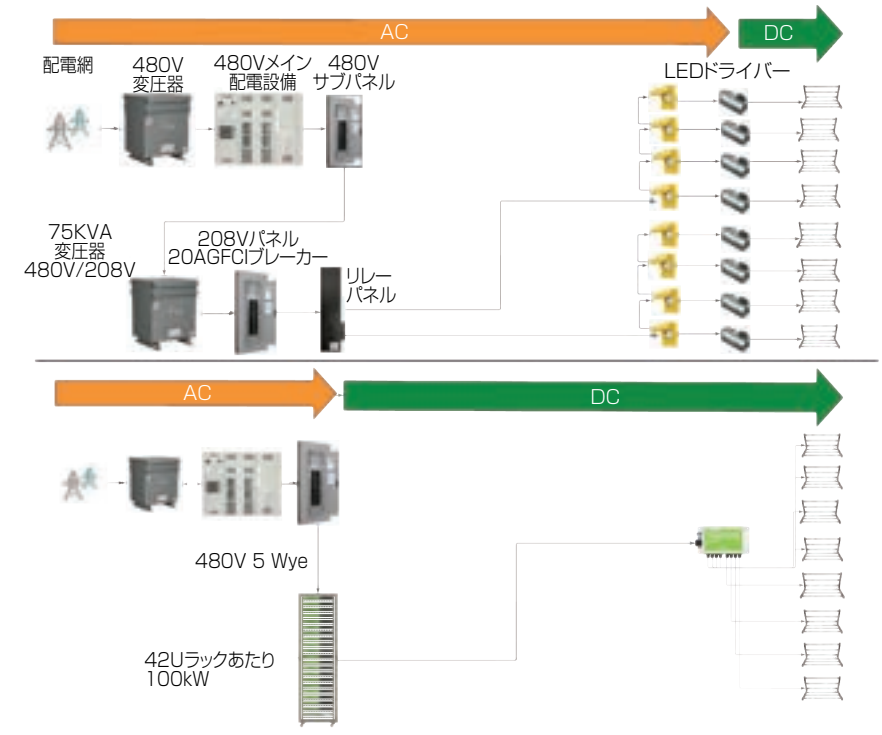
信頼性とレジリエンスの向上。ACベースの設計では、激しい温度変動にさらされる水気のある栽培空間という、電子機器を稼働させるには最悪の場所に数百または数千もの電源を設置しなければならない。集中管理型DC配電では、電気コンポーネントを収容するための設計された空間に電源が移されるため、電源の耐用年数は伸び、コンポーネントの総数は劇的に削減される。

カナダのオンタリオ州にあるグリーンシール・カンナビス社(GreenSeal Cannabis)は、集中管理型DC配電を

いち早く導入した企業の1つである。同社の設備設計では、数千もの小型LED電源が、電気室の少数の大きな装置で置き換えられ、その結果、電気コンポーネントは従来設計よりも約70%減少している。LED電源は、最も一般的な単一障害点であるため、システムコンポーネントの減少は、信頼性とレジリエンスの大幅な向上につながる。また、ソフトウェアを導入することによって、あらゆる問題を診断し、社内技術者に直ちに通知して、栽培空間に立ち入ることなくそれを修正してもらうことができる。従来のAC設計では、誰かが最初に故障したLED照明器具を発見してから電気技術者が呼び出され、技術者は栽培空間に立ち入って、栽培照明の診断と修理または交換を行わなければならない。それでは、生産が中断されるだけでなく、バイオセキュリティのリスクも増加する。

再生可能エネルギーを組み込む能力の向上。集中管理型DC配電によって施設運営者は、より簡単に再生可能エネルギー源を取り入れることもできるようになる。太陽光パネル、風力タービン、バッテリーなど、ほとんどの再生可能エネルギー源がDC電力を供給する。集中管理型DC配電を採用すれば、それらのエネルギー源に施設を、AC/DC変換器なしで直接接続することができる。変換プロセスをなくすことで、より多くのエネルギーを再生可能エネルギー源から直接利用することが可能になり、施設の持続可能性と費用対効果が高まる。

栽培条件の向上。物理的なレイアウト上の観点から、電源は、栽培空間内の空気流を乱して妨げるため、マイクロクライメイトと呼ばれる、温度と湿度が異なる小さなスポットの数が増えて、一貫した作物品質を達成するのが



従来型の農園配電構成例(上)と、Digital Electricityによって実現される障害管理電源システム(FMPS)による配電(下)の比較。FMPSは、温室環境内に必要なシステムコンポーネントの効率化につながることを示されている(本稿の図はすべてボルトサーバー社提供)

難しくなる。各電源は熱も生成するため、空間を冷却するためのコストが高くなる。また、電源がLEDの近くにある場合は、光合成に最適な光を植物に与えるための最適な場所に照明器具を配置することが、より困難になる可能性がある。電源を(栽培空間から)取り除けば、一貫した気候環境の生成と、植物に対する良好な配光が、より簡単かつ安価に実現できる。

洗浄作業の簡便化。屋内農園が直面する大きな課題の1つが、病原菌の増殖と作物品質への影響である。栽培室のすべての部分を定期的かつ徹底的に洗浄しなければ、有害微生物の数は増加する。それは最終的に、生産量と品質の低下につながる。

しかし、LED電源やその他の電気コンポーネントを植物周辺に配置すると、徹底的な洗浄作業を行うのは難しくなる。前述のとおり、集中管理型DC配

電はそれらのコンポーネントの大半を取り除くため、栽培室の完全洗浄をより簡単に行うことが可能になる。

将来的には、屋内農園の設計基準に、病原菌の増殖を防ぐために栽培室の完全洗浄が可能であること、という条件を含める必要がある。

集中管理型DC配電設計の障害

最近まで、屋内農園や温室で集中管理型DC配電を利用するには、従来の大きなAC/DC電源を電気室に設置して、高電圧のDC電力をLEDに分配するというのが、唯一の手段だった。しかし、従来の大型電源からの配電には、DC定格のブレーカーやリレーといったコンポーネントを含む、特殊な機器が必要で、従来のACシステムよりも設置と保守のコストがかさむ上に、そうした機器は探すのも難しい可能性がある。



ハーディ・フレッシュの施設に設置されているこの写真のようなレシーバーは、湿度の高い栽培環境にあるLED照明器具やその他のハードウェアに、DC電力を安全に分配する

例えば、米国電気工事規程(National Electrical Code : NEC)では、栽培空間に設置されたLED照明に対して地絡遮断器(Ground Fault Circuit Interrupter : GFCI)を義務付けている。しかし、高電圧DCに対応するGFCIを入手するのは難しい。そのため栽培業者は、LEDを配線接続しなければならず、それが遅延や、何らかの問題が生じた場合に修理を行う電気技術者を雇用するためのさらに高額な費用につながる。こうした運用上の制約と特殊機器の必要性により、従来の大型電源の使用は、栽培業者にとってあまり好ましい方法ではない。

このような制約から、屋内農園や温室の業務を対象に、より簡単でより費用対効果の高い方法でDC配電を集中管理するための、新しいソリューションが登場している。

新たな道を切り拓く 障害管理電源

「障害管理電源」(fault-managed power)と呼ばれる新しい技術は、従来のAC/DC電源に必要となる特殊な安全機器や配線方法を使用することな

く、高電圧のDC電力の分配を効率化する。そのメリットとしては、初期コストと運用コストの低減や、従来のACシステムと比べて電気効率、機器制御、安全性が向上することなどが挙げられる。

簡単に言うと、障害管理電源は、インテリジェンスを駆使して、障害点に供給される電力量を管理する。むき出しの配線に人間が触れるなどの障害を、センサとソフトウェアを使用して特定することにより、人間と機器を保護する。そのような状態が検出された場合は、直ちにシステムの電源を停止して、人間が怪我しない程度のわずかな電力量だけが供給されるようにする。

米ボルトサーバー社(VoltServer)が発明した技術である「Digital Electricity」は、高度な安全機能を備えた高電圧配電製品で、NECの下で制限電源(Limited Power Source : LPS)として分類されている。LPSとは、イーサネットケーブルと同じ配線方法を使用して設置可能で、複雑で高価な電気機器や配線方法は不要であることを意味する。

15ページの図の上部には、栽培室の

LEDに対する従来のAC配電構成が示されている。208VACを対象としたGFCIのほうが入手しやすいため、この農園の480VAC主電源は降圧されている。その降圧された電力が、リレーを介して栽培空間のレセプタクルまで分配されて、AC/DC電源に供給される。電源、レセプタクル、その他の電気コンポーネント(図では省略されている)を、栽培室または温室に設置する必要がある。

図の下部は、Digital Electricityによってこの設計を簡素化できることを示している。高電圧のAC主電源は、トランスミッタと呼ばれる機器を使用して高電圧のDC電力に変換される。DC電力は、1秒あたり500個のパルスによって送出される。各パルス後には短い休止がある。この休止によって、システムは障害を確認し、問題がなければ次のパルスを送信する。障害が検出された場合は、送電を停止して、感電や火災の危険性を低減する。この安全性確認が、このシステムがLPSとして分類されるゆえんであり、従来のACシステムよりも75%少ない機器と労働力で、高電圧DCをドライバレスのLEDに直接分配することを可能にしている。

エネルギー効率、柔軟性、 安全性のメリット

Digital Electricityを環境制御型農業(Controlled Environment Agriculture : CEA)の配電構成に採用すれば、より高い電圧レベルによる配電時の電力損失が低下するため、エネルギー効率が向上する。また、LED電源による生成熱の管理が乾燥した室内で行われることも、湿度の高い栽培環境で行うよりも、HVAC(暖房、換気、空調)システムに必要なエネルギーの低下に



トランスミッタは、電気室に供給される高電圧AC電力を高電圧DC電力に変換する。DC電力は、感電と火災の危険性を低減するために電力をパルス送信するDigital Electricityを使用して、伝送される

つながる。最後に、より大きな電源を使用する方が、多数の小型電源よりもコストと効率が高い可能性がある。

運用の柔軟性が高まったと、利用者からは証言している。システムの安全機能によって栽培業者は、600WのLEDグループを個別に制御、監視、スケジュールすることが可能となる。従来のAC設計でその処理を行おうとすると、はるかに高いコストがかかる。米国フロリダ州ウォータラにある認定有機栽培垂直農園ハーディ・フレッシュ(Hardee Fresh)の社長を務めるハルトン・ピーターズ氏(Halton Peters)は、Digital Electricityによって実現されるリモートDC電力を使用することにより、「照明と他のITインフラを制御する素晴らしい機会が得られた(中略)。これは、多数の照明を管理するための最もエネルギー効率の高い方法だ」と説明した。

高いレベルの柔軟性は、屋内農園のような新興市場において特に重要である。販売とマーケティングの専門家がまだ、消費者需要を予測するための適切なモデルを確立していないためである。屋内農園の運営者は、作物や投入

物を頻繁かつ迅速に変更するため、障害管理電源システムを使用することの価値は高まる。

カナダのカノピー・グロース社(Canopy Growth)とインファーム社(InFarm)の両方で建設および設計チームを統括した経験を持ち、現在は加EFIエンジニアリング社(EFI Engineering)のプリンシパルであるジェイミー・シャーマンズ氏(Jamie Schurmans)によると、「屋内栽培は、さまざまな作物と環境要件を考慮すると特に、物理的および環境的栽培条件に応じて絶えず調整を行う必要がある。障害管理電源は、洗浄要件に対応し、局所的な熱源を低減する、低コストで信頼性の高いソリューションである。当社のクライアントは、その本質的に安全な設計が、自社の社内労働力によって簡単に操作および再編成できることを実感している」という。

グリーンシール・カンナビス社の施設管理者であるクリス・マレー氏(Chris Murray)は、「剛性電線管や高電圧電源を配備しなくても(中略)、われわれはボルトサーバー社とともに、即座に変更可能な半永久的設備を実装するこ

とができる」と説明した。それは、同社の市場投入期間の短縮にもつながっている。

安全性は、水気のある込み入った場所で高レベルの電力を扱う場合に、障害管理電源システムの最も重要な機能である。多くの企業がCEAに新規に参入する中で、感電のリスクは必ずしも広く考慮されていない。米国労働省労働統計局(Bureau of Labor Statistics:BLS)は、業界別に統計値を報告していないが、米国では2020年に合計で、電気を原因とする負傷は1940件、死亡は160件発生している。同年に、オンタリオ州の温室の中で、1人の従業員が感電死している。「ACを栽培空間から取り除くことで、安心感が得られる。われわれは施設で毎日、膨大な量の水を使用する。それが機器にかかったとしても、従業員と機器は安全だと確信している」と、ハーディ・フレッシュのゼネラルマネージャーを務めるクリント・ハニカット氏(Clint Hunnicutt)は述べた。

Digital Electricityを採用する障害管理電源システムによる集中管理型DC配電は、機器の保守を軽減し、エネルギー効率を改善し、安全性を高めることにより、栽培業者の長期にわたる収益と実行可能性に多大な影響を与える可能性がある。また、従来のAC配電方法を、現在と将来にわたって置き換えることができる。

Digital Electricityは、ボルトサーバー社の商標で、本稿で紹介したような配電システムを実現する技術である。

著者紹介

ジェームズ・イーブス博士(JAMES EAVES, PhD)は、Digital Electricityの開発元である米ボルトサーバー社(VoltServer)の屋内農業担当ディレクター。環境制御型農業(CEA)が今日直面する最大の問題と氏が考える、施設のコストとエネルギー消費の問題を解決する方法を見出すことに力を注いでいる。