

「電気を遠くに送るには」利用マニュアル(2019/06)

電気学会 電気の知識 WG
長谷川 有貴、新藤 孝敏

1. まえがき

本動画は、電気を遠くに送るには送電線で高圧化しなければならないということをモデルで説明したものです。動画では分かり易さのため現象を単純化して示していますが、授業などで使われる場合には、適宜補足説明をして戴ければと思います。

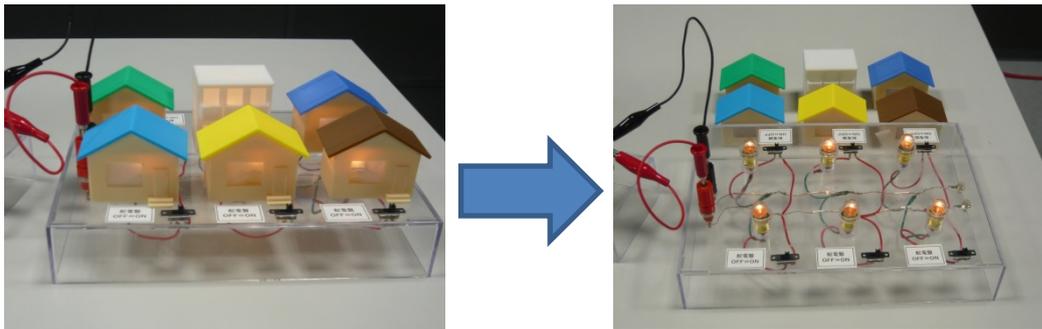
なお、このモデルでは **100V** の電圧がかかる箇所があります。特に子供の前で実演する場合には、子供は思わぬ動きをする場合がありますので、安全には十分ご注意ください。

以下、モデルの詳しい説明です。

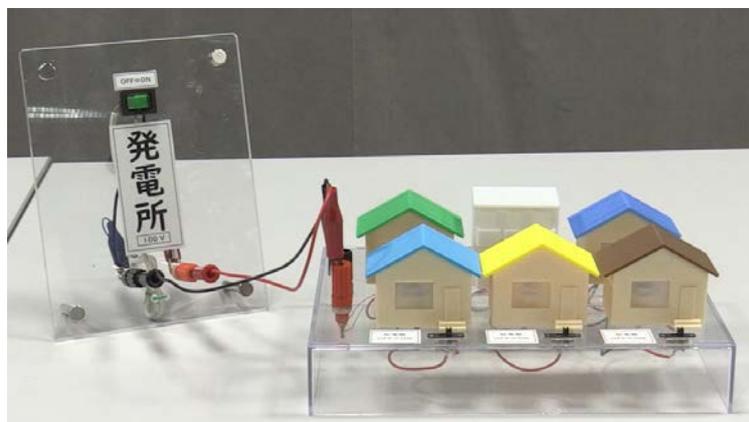
2. モデルの等価回路

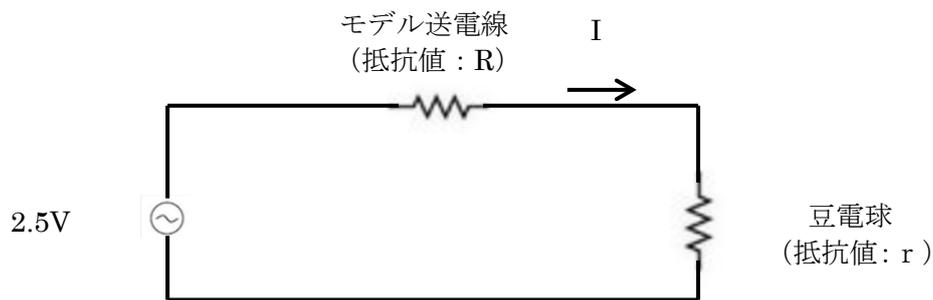
ステップ1：発電所の近くで家の灯りがつく。

家の灯りは定格 **2.5V**、**0.5A** の豆電球で模擬しています。また、豆電球はスイッチで一つずつ投入できるようにしてあります。すべてスイッチを入れたら、**6**つの電球が並列に接続されます。



電源はAC100Vを用い、スライダック（単巻変圧器）で電圧を調整し、**2.5V**に変えています。（注1）



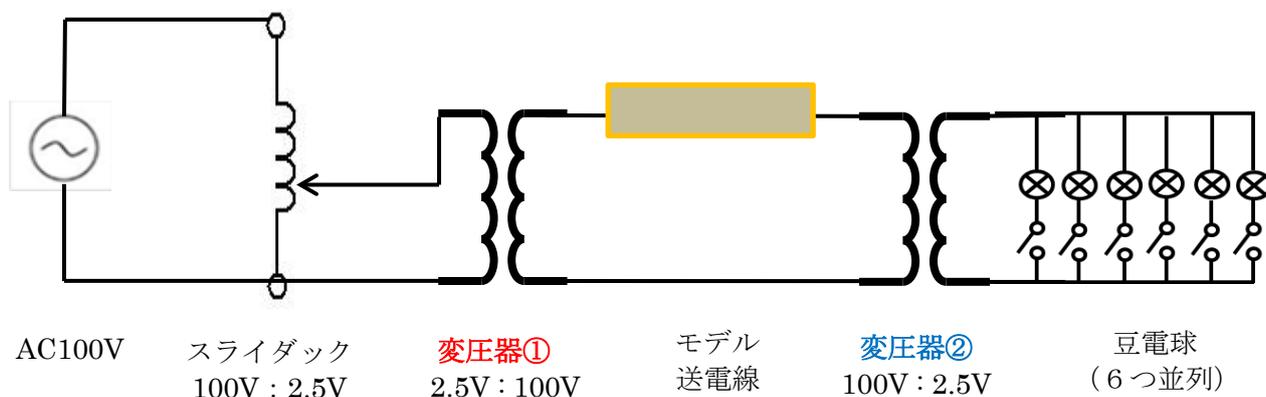
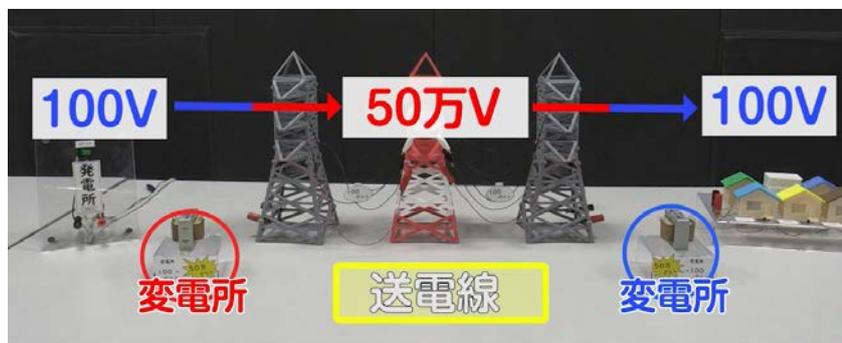


スライダックの2次側から豆電球までの部分の等価回路は上図のようになります。この回路に流れる電流 I は、オームの法則から、 $2.5V$ を全抵抗値 $(R+r)$ で割った値になります。送電線部分での電圧降下は、流れる電流 I に送電線部分の抵抗 R をかけたものになるので、豆電球1個、2個、3個の場合、それぞれ $0.9V$ 、 $1.37V$ 、 $1.61V$ となります。このように豆電球が2個、3個となるとかなりの部分の電圧が送電線にかかってしまい、豆電球にかかる電圧が小さくなるので、暗くなってしまいます。(注3)

送電線が短ければ送電線の抵抗は小さいですが、送電線が長くなると送電線の抵抗の影響が出てくるわけです。

ステップ3：変電所を入れると、家の灯りが点くようになる。

モデル送電線の手前で、変圧器①(動画では変電所としています)で電圧を $2.5V$ から $100V$ 上げて、モデル送電線の反対側で変圧器②(動画では変電所としています)で、 $100V$ から $2.5V$ に下げています。(注4)



変圧器①で 2.5V から 100V に電圧を高くすると (40 倍です)、流れる電流は同じ割合で小さくなります (この場合には、電流は 1/40 に小さくなるということです。)

モデル送電線の抵抗値は変わりませんので、モデル送電線部分での電圧降下も 1/40 になり、さらにモデル送電線の電圧は 100V にしていますので、豆電球の数が増えても電圧降下は無視できるほど小さくなり、モデル送電線の変圧器②での電圧もほぼ 100V になります。したがって、変圧器②で電圧を下げた時に豆電球にかかる電圧も、ほぼ 2.5V となり、すべての豆電球が明るく点くこととなります。

(注 1) このモデルを自作される場合、スライダックで正確に豆電球の定格の低い電圧を出すのは難しい場合があります (特に、定格 1.5V の豆電球を使った場合など)。その場合には、100V : 2.5V 程度の変圧器をスライダックの 2 次側に入れて、スライダックでは変圧器の 1 次側の電圧を調整するようにすると、豆電球の定格の電圧を正確に出せるようになります。また、100V の電圧がかかる部分がありますので、安全にはご注意ください。

(注 2) このモデルを自作される場合、モデル送電線に使う線にビニール電線を使うと抵抗が小さいため、うまくいかない場合があります。ステンレス線などの抵抗値の比較的高い線を使うか、数オーム程度の抵抗をモデル送電線に直列に接続するなどして抵抗値を調整下さい。

(注 3) 厳密には、豆電球の抵抗値は一定ではなく、流れる電流によって変化します。一般に、流れる電流が少なくなると抵抗値は小さくなります。この効果を考慮すると、本文で示した値よりもさらに豆電球にかかる電圧は小さくなります。

(注 4) 動画では分かり易さのため、100V から 50 万 V に上げて送電し、家庭のところで 50 万 V から 100V に下げると説明しています。現実の電力システムでは、発電所で発生した電圧を昇圧し、高圧の送電線で送電した後、段階的に降圧し、個別の需要家に供給しています。

<もっと知りたいあなたに>

1) 電気を送る途中で失われる損失 (熱損失) については、「電気の知識を深めようシリーズ 1 電気とは何だろう」の P.12 には次の記事があります。

『電気を送るには、送電線を使います。送電線で送れる電気の量は、電圧と電流を掛け合わせたものとなります。そのため、送る量を大きくするためには、電圧を高くするか電流を大きくします。また、送電線は、銅やアルミなど比較的電気の流れやすい金属で作られていますが、電気の流れを妨げる抵抗があるため、発生した熱が大気中に放出されます。この熱の量は電圧には依らず電流の二乗に比例するため、なるべく高い電圧を使用して、電流を少なくする努力がされています。』

詳細は「電気の知識を深めようシリーズ 5 電気を送る・配る」をご覧ください。

また、大学の電気工学科のレベルでの理解のためには、交流回路論で取り扱うインピーダンスの概念 (抵抗だけでなく送電線のインダクタンスとか送電線と対地や送電線相互の静電容量 (キャパシタンス) を用いることとなります。

2) この実験では、豆電球 (需要家を模擬) 6 個を並列接続しました。並列接続と直列接続、さらには交流と直流に関する記述が「電気の知識を深めようシリーズ 3 電気の基本を考えてみよう」の次の項にありますから、興味があったら一読して下さい。

「発電機・白熱電球の発明と電力事業化」 pp.22 - 25

「交流と直流のどちらが優れているのか」 pp.25 - 26

以上