



weloperów duża popularność
 gnesem było złudzenie zacię
 rakatka tuż przy Lesie Kaba
 tu do poprzednich bloków
 weloperowi udało się dokup
 wąska działka, która do nie
 la polem. Będzie gotowy je
 wszędo roku. Metrażem mies
 do 875 zł. W tym roku użyt
 nik wieczysty powinien wpla
 dwukrotność dotychczasow
 płaty, czyli 130 zł (2 x 65 zł
). Nadwyżka, czyli 745 zł
 130 zł - 745 zł), jest rozkłada
 dwie równe części (745 zł : 2
 zł). Powiększa one w kolejnych
 ch latach opłatę wnieścion

502,5 zł (130 zł + 372,5
 02,5 zł), a w kolejnym (130
 375 zł (502,5 zł + 372,5 zł)
 / ten sposób dopiero
 a jest rozliczeniem roku c
 eści. Płaci się je w następuj
 óch latach. I dopiero
 m roku od aktualizac
 gruntu opłata wzrosn
 mu z niej wynikające

średnie oprocentowanie k
 kwocie 150 tys. zł zaciąganeg
 up nieruchomości wartej 200
 relacja kredytu do wartości ni
 ności to 75 proc.). W ten sam
 alają nadca pozostałe wari

w ubiegłym roku dostate
 adomienie o podwyższeniu, a
 gu 30 dni nie złożyłeś odwo
 do samorządowego kolegiu
 okawczego (SKO), kłamka za
 a. Do końca marca powinni
 iregulować opłatę za 2014
 ak wcześniej upewnij się, c

Wzrost cen mieszkań w
 2014 r. Ceny mieszkań zac
 od 5,5 tys. zł za m kw. i do
 6,6 tys. zł za m kw. Ceny
 w sprzedaży pozostają
 5,5 tys. zł za m kw. Ceny
 z tego nie widać na wiza
 akt, że domy Prestige w
 zgmentach na obrzeżach
 oską nowych mieszkań
 ść codziennego życia. Do
 rkalnym wzrostem ludn
 rząd nie był w stanie nad

Wzrost cen mieszkań w
 2014 r. Ceny mieszkań zac
 od 5,5 tys. zł za m kw. i do
 6,6 tys. zł za m kw. Ceny
 w sprzedaży pozostają
 5,5 tys. zł za m kw. Ceny
 z tego nie widać na wiza
 akt, że domy Prestige w
 zgmentach na obrzeżach
 oską nowych mieszkań
 ść codziennego życia. Do
 rkalnym wzrostem ludn
 rząd nie był w stanie nad

Adam Cebula "50 Hz"

Fahrenheit Crew

Jedno z pytań, które niezawodnie zirytuje specja od elektryczności, to "a dlaczego 230 V"? Albo "dlaczego 50 Hz?" To klasa zagadek, i trudnych, i – szczerze mówiąc – ujawniających obszary dowolności w naukach ścisłych. Nieszczęście także w tym, że wiele powszechnie występujących ustaleń próbuje się wyjaśnić na humanistyczny sposób. Ot, na pierwszy ogień weźmy sobie to, że w kontakcie mamy prąd nie stały, a zmienny.

Ileś razy oglądałem programy, czytałem opowieści, jak to Tesla z Edisonem wojowali, i że Tesla wygrał, więc prąd jest... przemienny. A wygrał mniej więcej tak, jak się wygrywa w szachy albo w najlepszym razie średniowieczny turniej rycerski. Owszem, mamy opis kolejnych potyczek, że lord Kelvin nazwał budowę sieci prądu zmiennego "gigantycznym błędem", prawdą jest, że Edison zorganizował pokazy – na których demonstrował, jak niebezpieczny jest wynalazek Tesli – mordując zwierzęta. Wreszcie w 1890 roku na mordercy Williamie Kemmlerze wykonano egzekucję za pomocą prądu przemiennego, wywołując protesty samego Tesli.

Sedno sprawy tkwi nie tylko w tym, że prąd zmienny wyjątkowo skutecznie zaburza pracę serca, wywołując migotanie przedsionków, ale – o czym się w tych humanistycznych historyjkach nie przeczyta – aby dało się za jego pomocą zasilac z sensowną mocą urządzenia, musimy mu nadać napięcie, które w szczycie sinusoidy jest większe o mniej więcej połowę od wartości prądu stałego, jakiej by trzeba użyć. Prąd przepływający przez tkanki organizmów nie spełnia prawa Ohma i z napięciem rośnie nieproporcjonalnie. W efekcie kopie nas tzw. napięcie szczytowe, które jest większe dokładnie o pierwiastek z 2 od tego, które mamy wypisane na tabliczkach znamionowych. Łapiąc za druty, pocujemy nie 230 V, ale coś bliższego 325 V. Prąd szczytowy płynący w czasie, gdy napięcie sięga maksimum, powoduje największe i nieodwracalne szkody, m.in. mamy zjawisko przebicia naskórka, które powoduje, że po kilku milisekundach traktowania wysokim napięciem zostaje on "przepalony" i zaczyna dobrze przewodzić. Napięcie spada, ale prąd już nie za bardzo.

Niestety, różnice pomiędzy skutkami działania prądu stałego i zmiennego na człowieka nie są zasadnicze. Z powodu bardzo silnego efektu galwanicznego prąd stały zabija prawie tak samo skutecznie. Jedyne czynnik, który ma naprawdę znaczenie, to napięcie. Do mniej więcej 24 V jest bezpiecznie, powyżej (niezależnie z jakim prądem mamy do czynienia) – trzeba uważać. Po prostu nie dotykać.

Konkluzja jest taka, że owa bijatyka między Teslą a Edisonem jest przedstawiana zupełnie nie od tej strony, w której można by znaleźć jakieś wyjaśnienie. Otóż: prąd stały był stosowany do zasilania – wedle opowieści starych elektryków p.. we Wrocławiu – aż do czasów powojennych. Powód? Oczywiście że nie byli to sympatycy Edisona, ani też nie chodziło o bezpieczne macanie drutów. Te już dawno izolowano i odsuwano poza zasięg ludzkich rąk. Zwyczajnie potrzebowano "prostego" prądu do zasilania szeregu urządzeń. W tamtym okresie wszelkie urządzenia elektryczne wytwarzano w wysoce specjalistycznych zakładach i był to ówczesny high-tech, więc coś bardzo drogiego. Prostowniki selenowe, które dziś są najwyżej eksponatami, w tamtych czasach stanowiły techniczną nowinkę. Jak uruchomić w najprostszy sposób lampę radiową? Zasilic ją prądem stałym.

Prąd stały nie szkodzi żarówkom, ślicznie zasila większość silników komutatorowych, jest niezbędny zwłaszcza dla tych ze stałymi magnesami. Prądu stałego potrzebują także lampy łukowe (można zasilac napięciem przemiennym, ale daje to inny efekt) czy akumulatorownie, w jakie były wyposażone centrale telefoniczne.

Prąd stały był stosowany dla zaoszczędzenia na budowie urządzeń prostujących. Wieść gminna niesie, że stosowano napięcie 110 V, takie, jakie dawały tzw. baterie anodowe, do zasilania odbiorników radiowych. No więc wystaw sobie czytelniku, że takie były czasy, że radio było podłączone do prądu i do baterii. Bo sieć dawała tu i ówdzie zmienne napięcie do zasilania żarzenia katody, a obwody sygnałowe zasilano z pomocą wynalazku Galvaniego: zwyczajnie w tamtym okresie był problem z prostowaniem. Jak 110 V prądu stałego mieliśmy w gniazdku, łatwiej było zbudować radio, i oszczędzało się na dużej, drogiej i jeszcze niebezpiecznej bateryjce.

To dlaczego prąd stały "wycięto" z techniki? Bo za tych dawnych czasów nie było go jak przesyłać na duże odległości.

Przyczyną jest opór przewodników. Powiedzmy, że chcemy przesłać na odległość zaledwie 50 km prąd, który zasiliby odbiorniki o mocy 1 MW (megawata, miliona watów). To może wydawać się dużo, ale tzw. moc przyłączeniowa gospodarstwa domowego wynosi ok. 5 kW, czyli 5000 W. To nie jest wygórowane wymaganie: moc czajnika do gotowania wody wynosi ok 2000 W, tyle samo moc termy przepływowej, więc wystarczy, że dwie osoby włączą te odbiorniki, a zostanie niewielka rezerwa, bo moc zasilacza komputera może dziś wynieść 750 W, a odkurzaczka 1500 W. 1 MW wystarczy do zasilenia zaledwie 200 mieszkań. Tak więc pomysł przesyłania 1 MW w energetyce nie jest niczym nadzwyczajnym, zwykle linie przesyłają dziś wielokrotnie większe moce; sto, dwieście razy większe.

Jeśli założymy, że użyjemy prądu stałego, nie mamy urządzeń energoelektronicznych do zmiany jego napięcia, to musi ono wynosić 230 V. Prąd to $1000\ 000/230=4347,8$ A (w zaokrągleniu). Opór właściwy miedzi wynosi $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ω /metr. Jeśli zabierzemy się do obliczenia linii przesyłowej wedle norm dla obciążenia prądowego drutów nawojowych, to otrzymamy powierzchnię przekroju 1739 mm² dla gęstości prądu 2,5 A/mm². Linia musi mieć 100 km długości. Jej opór wyniesie ok 0,98 oma. Powierzchnia przekroju odpowiada kwadratowemu prętowi o boku ok 4,1 cm. Zużyjemy 1558,144 ton miedzi i otrzymamy przewód do niczego, bo nawet gdy zewrzymy jego końce po stronie odbiornika, popłynie przez niego jakieś 234 A. Dużo, dużo mniej niż założyliśmy. No i ten prąd nie może niczego zasilić, bo przy zwarciu napięcie jest równe zero. Cała moc w postaci ciepła wydzieli się na przewodach.

Jeśli założymy rozsądny spadek napięcia - 10% wartości, czyli 23 V - opór linii może wynieść najwyżej 0,0059 oma. Powierzchnia przekroju miedzianej linii musiałaby wynosić - bagatela - jakieś 0,325 mkw. Musielibyśmy użyć miedzianego kształtownika o przekroju kwadratu o boku jakieś 57 cm. Masa miedzi wyniosłaby 291200 ton. Wstawiając do danych cenę miedzi znalezionej w sieci (z 2013-06-04, godz. 15:53) - 7370,25 \$/tona - otrzymamy koszt samego materiału na linię. I wynosi on 2 146 216 800 \$.

Można się zadumać, jakim cudem dochowaliśmy się w ogóle takiego cudownego rozwoju urządzeń elektrycznych. Tak na oko, skoro mamy takie ogromne koszty, to przecież nawet zmniejszenie ich 1000 razy niczego nie poprawi.

Bez wzorów niczego nie da się zrozumieć. Otóż moc prądu to $P=U \cdot I$. Gdzie U to napięcie, a I to prąd. Spadek napięcia na oporze to $U=R \cdot I$. Strata mocy na przewodach zasilających - $P=U \cdot I=(R \cdot I) \cdot I$. Czyli jest ona proporcjonalna do kwadratu prądu. Tu leży pies pogrzebany. Jeśli podniesiemy napięcie w linii przesyłowej 10 razy, to - zgodnie ze wzorem na moc - prądy zmaleją 10 razy, ale straty w linii przesyłowej spadną aż 100 razy!

Otóż i jest powód, dla którego prąd przemienny "wyciął" prąd stały, który owszem, był wygodny do zasilania urządzeń takich jak radia czy niektóre maszyny z silnikami elektrycznymi.

Albowiem prąd zmienny (przemienny) da się zmieniać za pomocą dość prostego urządzenia zwanego transformatorem. Za jego pomocą możemy podnieść lub obniżyć napięcie, a – co też ważne – oddzielamy od siebie obwody o wysokim i niskim napięciu. Metoda jest w zasadzie bezpieczna. W zasadzie, bo w przeszłości zdarzały się tzw. przerzuty napięcia, ale możemy powiedzieć, że dziś to należy do przeszłości. No i mamy sposób na przesyłanie ogromnych mocy na wielkie odległości. Zwiększając napięcie 1000 razy zmniejszamy straty razy milion, dlatego to wszystko działa.

Za czasów Tesli i Edisona innego sposobu nie było. Mówiąc krótko, niezależnie od bijatyki, jaką stoczyli, niezależnie od sądowych procesów, popisów przed publicznością, efekt był przesądzony przez fizykę.

Współcześnie nie mamy żadnego problemu z zamianą prądu zmiennego na stały, doskonale, jak to się mówi, "wyfiltrowany". Można też zamieniać prąd stały na przemienny w tzw. przetwornicach półprzewodnikowych. Dlatego wraca temat prądu stałego w sieciach energetycznych. Jednak powód jest inny i inne jest miejsce, gdzie byłby taki system stosowany. Użytkownik nie miałby do niego dostępu, chodzi bowiem o sieci przesyłowe pracujące z wielkimi napięciami.

Zdawać by się mogło, że – mając napięcie przemienne i transformator – chwyciliśmy Pana Boga za nogi, możemy wszystko. Chcemy dalej przesłać prąd cieńszymi przewodami – wystarczy podnieść napięcie, na końcu linii obniżyć napięcie transformatorem i dostaniemy, co chcemy. Jak to jednak w życiu bywa, pojawiają się ograniczenia. Owszem im wyższe napięcia, tym np. dłuższe musimy stosować dłuższe izolatorów, na których wiszą przewody. Więc poradzimy sobie. Ale niestety, tu z kolei pojawia się zjawisko, z którym ciężko jest walczyć: to tzw. uloty. Objętość powietrza otaczającego druty można potraktować jak przedmiot, który ładujemy za pomocą maszyny elektrostatycznej. Kiedy napięcie wzrasta, wpływa do niej część ładunku z przewodu, potem napięcie zmienia znak i między tym powietrzem a drutem panuje podwójne napięcie. Skutek? Powietrze rozładowuje się z przeskokiem iskier i wydzielaniem ciepła. Do pewnego napięcia iskry nie skaczą, nie nagrzewa się nic, ale po przekroczeniu napięcia przebicia dla powietrza (zwykle podajemy napięcie dla pewnej szerokości szczeliny, tu jest trudniej dla wyobraźni) – mówimy też napięcia ulotu – zaczyna się problem.

W przypadku sieci prądu stałego nie ma zmiany kierunku napięcia i problem jest wyraźnie mniejszy. Mówi się o liniach pracujących pod napięciem 1 miliona V, podczas gdy sieci prądu zmiennego przy napięciu "zaledwie" rzędu 230 kV trzaskają i w czasie mgły wyraźnie świecą.

Rzecz jednak w tym, że gdyby ktoś chciał powiązać współczesne rozwiązania z tym, co działo się w końcu XIX wieku, to nie ma to sensu, albowiem, jak do tej pory, tego typu rozwiązania, choć są stosowane, to w bardzo specyficznych przypadkach – wówczas gdy straty związane z przerabianiem prądu zmiennego na stały i na odwrót są mniejsze niż ewentualne straty przesyłowe. Tu nie ma nic z akademickich sporów. Odpowiedź na pytanie: „ stały czy zmienny” daje precyzyjny rachunek.

Owszem, są pomysły, by zastosować prąd stały także do zasilania bezpośrednich użytkowników, ale nikt jeszcze tego nie zrobił, przynajmniej na większą skalę. I znów: dziś to zupełnie inna para kaloszy, i gdyby ktoś chciał twierdzić, że po wieku system Edisona zwycięża, to nie będzie w tym grama prawdy. Zwyczajnie – elektronika tak się rozwinęła, że potrafimy manipulować prądem, jak chcemy. W dzisiejszych warunkach oba rozwiązania dadzą się wdrożyć i nie będzie między nimi drastycznych różnic.

A dlaczego 230 V? Ano... Są na ten temat różne teorie. Edison zastosował 110 V, bo pasowało to do jego żarówek. Późniejszy rozwój technologii wyeliminował ograniczenie napięcia je zasilającego. Dziś mamy popularne konstrukcje od 1,2 V aż do 230 V, w specjalnych wykonaniach na większe napięcia. Oczywiście jakiś wpływ na wybór napięcia musiał mieć rozwój radiotechniki. Wysokie napięcie w

gniazdka pozwalało maksymalnie uprościć w odbiorniku budowę zasilacza napięcia anodowego. Warto jednak wrócić do ograniczeń fizycznych. Z pewnością nie można było stosować bezpiecznego napięcia rzędu 24 V.

Z naszych poprzednich wyliczeń łatwo pokazać, że nie mielibyśmy szans przy tak niskim napięciu używać w domach urządzeń o większych mocach. Aby stosować cienkie przewody z drogiej miedzi, musimy napięcie podnieść, i to znacznie. Granicą bezpieczeństwa jest około 500-600 V. Powyżej tego napięcia następuje gwałtowne przebicie naskórka; dotknięcie przewodów może skończyć się śmiercią. Ponieważ do końcowego odbiorcy dochodzą tzw. instalacje trójfazowe do zasilania odbiorników o większej mocy, to kopnąć może nas tzw. napięcie międzyfazowe, które w szczycie może wynieść 563 V.

Poniekąd mamy odpowiedź, skąd 230 V: wyższe napięcie zmniejsza straty przesyłowe. Podnieśliśmy je do granicy bezpieczeństwa. Nikomu nie radzę dotykać przewodów pod napięciami powyżej 24 V, powyżej 60 V poczujemy "kopanie", 110 V jest już niebezpieczne. 563 V można przeżyć, ale nie zawsze się to uda. Przekroczenie tej granicy to - jak zapewniają podręczniki BHP - prawie pewny trup na miejscu.

Można dodać, że w okolicy 600-700 V pojawiają się problemy z bezpieczeństwem urządzeń. Zdarzają się tzw. przebicia zabrudzeniowe, poprzez kurz, w warunkach niewielkiego zawilgocenia. Bezpieczniki na podwyższone napięcia muszą mieć specjalną konstrukcję.

Dla porządku trzeba dodać, że na świecie mamy sieci o napięciach od 100 do 230 V. To jest tak naprawdę zakres, z którego można wybrać, nie zadając sobie jednocześnie karkołomnych warunków technicznych, typu nieprawdopodobnie grubych przewodów albo nadzwyczajnych środków ostrożności.

A te 50 Hz? W początkach rozwoju energetyki stosowane były częstotliwości od 16 i 2/3 Hz, nawet 15 Hz w sieciach kolejowych. Eksperymentowano też z częstościami do 125 Hz. Transformatory na niskie częstotliwości muszą być wielkie, na wysokie są proporcjonalnie do zmiany częstości lżejsze, ale jednocześnie wymagają bardziej finezyjnej budowy, by nie było strat energii. Przy częstości kilkunastu Hz będziemy widzieć wyraźne migotanie żarówek, nie mówiąc już o świetlówkach. Dla nich wysokie częstotliwości są korzystne, ale niestety powyżej 6-80 Hz gwałtownie rośnie czułość ucha; buczenie pierwszych dławików czy transformatorów byłoby bardzo dokuczliwe.

Wybór częstotliwości to raczej w znacznej mierze wynik przypadku. Wysokie Komisje musiały wziąć pod uwagę istniejące instalacje i możliwości technologiczne. Tym niemniej, biorąc pod uwagę np. technologię produkcji blach transformatorowych, które dla wyższych częstotliwości muszą być cieńsze i rozmiary urządzeń, do wyboru był zakres między 30 a 100 Hz, a biorąc pod uwagę ów hałas (to nie były czasy żywic epoksydowych, którymi dziś sklejamy na amen buczące rdzenie), sprzężenia magnetyczne z innymi obwodami czy kłopoty z migotaniem, to raczej 40-80 Hz. Wybrano coś pośrodku. Ostatecznie w sieciach "konsumenckich" mamy dziś prawie wyłącznie 50 lub 60 Hz.

Konkluzja z tych dywagacji jest taka, że pytanie, dlaczego dokładnie 230 V, może mieć za odpowiedź prawdziwe i owszem historie sporów między ludźmi, prawdziwy jakiś prapoczątek w postaci np. żarówki Edisona, ale naprawdę pouczające, przynajmniej moim zdaniem, jest to, z czego mogliśmy wybierać i dlaczego. Dokładna wartość - czasami intrygująca - w istocie jest wynikiem przypadku, ale przedział, w jakiej się znalazła, to efekt praw fizyki, technicznych możliwości czy potrzeb. To już nie ślepy los, to coś, do czego można dojść z pomocą własnej głowy.