

Notes sur le choix du niveau de la moyenne tension pour un micro-réseau.

Préparé par Doug Danley, 5 janvier 2018 - Traduit de l'Anglais.

Le choix de la tension

L'idée de système de distribution en moyenne tension est de réduire les pertes en utilisant une tension plus grande pour les artères de distribution, puis de passer à une tension plus faible pour la consommation. IEEE 141 (<https://standards.ieee.org/findstds/standard/141-1993.html>) définit comme tension moyenne une tension située entre 1 kV et 100 kV qui est utilisée au sein d'un système de distribution (contrairement à un système de transmission). Aux Etats-Unis il existe trois paires d'embranchement de tension qui sont communément utilisés dans les systèmes distribution : 4,16 / 2,4 kV, 12,47 / 7,2 kV et 22,9 / 13,2 kV. En général, l'équipement pour les systèmes de distribution est subdivisé en trois catégories: 5 kV, 15 kV et 30 kV. De plus, les exigences de fabrication (comme l'espacement horizontal des conducteurs, l'affaissement maximal tolérée, etc.) varie avec la tension.

Table 4-1: Standard nominal three-phase system voltages per ANSI C84.1-1989

Voltage Class	Three-wire	Four-wire
Low Voltage	240	208 Y/120
	480	240/120
	600	480 Y/277
Medium Voltage	2,400	
	4,160	4,160 Y/2400
	4,800	
	6,900	
		8,320 Y/4800
		12,000 Y/6,930
		12,470 Y/7,200
		13,200 Y/7,620
	13,800	13,800 Y/7,970
		20,780 Y/12,000
	22,860 Y/13,200	
	24,940 Y/14,400	
	34,500 Y/19,920	
	46,000	
	69,000	
High Voltage	115,000	
	138,000	
	161,000	
	230,000	
Extra-High Voltage	345,000	
	500,000	
	765,000	
Ultra-High Voltage	1,100,000	

L'IEC (<https://webstore.iec.ch/publication/153>) utilise un intervalle de 1 kV à 35 kV, avec les tensions de phase à phase les plus communes comprenant 11 kV, 22 kV et 33 kV.

Table 3 - A,C, three-phase systems having a nominal voltage above 1 kV and not exceeding 35 kV and related equipment*

Highest voltage for equipment kV	Series I		Highest voltage for equipment kV	Series II	
	Nominal system voltage kV			Nominal system voltage kV	
3,6 ¹⁾	3,3 ¹⁾	3 ¹⁾	4,40 ¹⁾	4,16 ¹⁾	
7,2 ¹⁾	6,6 ¹⁾	6 ¹⁾	–	–	
12	11	10	–	–	
–	–	–	13,2 ²⁾	12,47 ²⁾	
–	–	–	13,97 ²⁾	13,2 ²⁾	
–	–	–	14,52 ¹⁾	13,8 ¹⁾	
(17,5)	–	(15)	–	–	
24	22	20	–	–	
–	–	–	26,4 ²⁾	24,94 ²⁾	
36,0 ³⁾	33 ³⁾	–	–	–	
–	–	–	36,5 ²⁾	34,5 ²⁾	
40,5 ³⁾	–	35 ³⁾	–	–	

* These systems are generally three-wire systems unless otherwise indicated. The values indicated are voltages between phases ,
The values indicated in parentheses should be considered as non-preferred values , It is recommended that these values should not be used for new systems to be constructed in future.

NOTE 1 It is recommended that in any one country the ratio between two adjacent nominal voltages should be not less than two,
NOTE 2 In a normal system of Series I, the highest voltage and the lowest voltage do not differ by more than approximately ±10 % from the nominal voltage of the system,
In a normal system of Series II, the highest voltage does not differ by more than +5 % and the lowest voltage by more than 10 % from the nominal voltage of the system,

1) These values should not be used for public distribution systems,
2) These systems are generally four-wire systems,
3) The unification of these values is under consideration.

Le choix de la tension dépend de trois facteurs: la charge électrique, les distances impliquées, et les standards nationaux. Les systèmes avec une plus grande charge sur les artères de distribution sont plus susceptibles d'utiliser une plus haute tension afin de minimiser les courants, et donc la taille des câbles. De la même manière, de longues artères fonctionnent mieux avec des tensions hautes étant donné que des courants plus bas vont causer des chutes de tension plus basses et donc des pertes de puissance énergétiques plus basses. Pour finir, il ne serait pas pratique du tout d'utiliser un grand nombre de tensions distinctes sur un même système électrique. Ainsi, les fournisseurs d'électricité choisissent souvent un petit nombre de tensions afin de pouvoir standardiser les équipements et les modèles. A titre d'exemple, beaucoup d'artères de distribution rurales aux Etats-Unis utilisent des systèmes en 12,47 kV afin de fournir des charges allant de 5 à 10 MVA.

Application aux micro-réseaux

Même si on peut voir un micro-réseau comme étant uniquement une portion d'un système électrique plus large, les micro-réseaux ruraux ont souvent trois caractéristiques propres: Premièrement, ils sont électriquement isolés du réseau électrique principal. Deuxièmement, ils ont des sources de productions dédiées, souvent sous la forme d'onduleurs solide qui fournissent de l'énergie à partir de batteries et de sources d'énergie renouvelables tels que l'éolien ou le solaire. Enfin, les charges totales sur ces systèmes sont souvent très petites, mesurées en dizaines de kVA plutôt qu'en milliers de kVA (1.000 kVA = 1,0 MVA). Les charges des foyers individuels sont souvent très petites également - aussi bas qu'un ampère sur du 120V. De plus, l'isolement implique que la répartition spatiale de la communauté est relativement concentrée, d'où des distances à couvrir plus limitées.

Tous ces facteurs montrent qu'un micro-réseau devrait utiliser une tension de distribution plus petite qu'un grand réseau central. Le standard IEC 62257 pour les systèmes énergétiques hybrides reculés suppose que des systèmes à moins de 100 kVA utilisent uniquement une distribution en basse tension, passant complètement outre la moyenne tension. Le seul facteur poussant pour une distribution en tension plus grande est la conformité avec le standard national.

Par exemple, si un micro-réseau avec une charge maximale de 50 kW utilise du 12,47 / 7,2 kVA en embranchement étoilé à trois phases comme tension de distribution primaire, la phase au courant neutre

serait uniquement de deux et demi ampères par phase à charge maximale, et potentiellement sous un ampère à des charges basses. Ce même système à du 22,9 / 13,2 kV alimenterait uniquement 1,3 ampères par phase et sous la moitié d'un ampère à charge minimale.

L'inductance des câbles et des transformateurs utilisés dans ce type de système devient alors un facteur majeur à des charges aussi basses. Si les câbles et le magnétisme ne sont pas bien choisis, les courants inductifs qui circulent pourraient causer un fonctionnement du système sur de facteurs de puissance très faible, surtout au niveau du site de production. Des facteurs de puissance bas augmenteraient le courant, et donc les pertes, et peut pousser les générateurs (surtout les onduleurs) à produire une puissance réelle (k) plus faible étant donné que la puissance apparente (kVA) va causer des surcharges.

Il est donc critique que des câbles de taille adéquate et des transformateurs adaptés soit utilisés dans les systèmes de distribution des micro-réseaux. Par exemple, l'utilisation d'un pilier de transformateurs à 10kVA de distribution pour fournir 5 à 10 maisons utilisant 120 watts chacune provoquerait des problèmes de faible facteur-puissance.

"Lorsque le grand réseau rencontre le petit réseau..."

Si un petit micro-réseau rural est finalement relié au réseau principal, il y a plusieurs options pour gérer les différentes tensions (en supposant que le réseaux principal utilise une tension plus grande que le micro-réseau):

- 1) Le système pourrait être connecté via un transformateur qui relie les tensions et les appareils de connexion adéquats. Ceci permettrait au système de distribution local de continuer à utiliser les isolants existants, les transformateurs, les appareils de connexion, les câbles et les piliers.
- 2) Le system pourrait être converti à une tension plus haute afin de préparer la jonction. Celui-ci pourrait éventuellement utiliser les câbles existants, mais requérait le remplacement des isolants, des appareils de connexion, les fusibles et les transformateurs (y compris les transformateurs du site de production), et changer l'espacement des conducteurs.
- 3) Le système de distribution existant pourrait être retiré et remplacé. Cela serait peut-être nécessaire de toute façon si des changements de charges significatives étaient anticipés.
- 4) Un compromis serait de fabriquer les piliers, câbles, et isolants dans le micro-réseau aux standards de la tension haute et de simplement y faire passer une plus basse tension, en utilisant des transformateurs adéquats. Cela faciliterait une transition étant donné que seul les transformateurs seraient à changer au moment de la jonction au réseau principal.

Résumé

En général, l'optimale tension de distribution pour un petit micro-réseau rural est significativement plus basse que pour un large réseau central. Néanmoins, si une plus grande tension doit être utilisée à cause des standards locaux et des régulations, il est important de tailler les transformateurs et les câbles correctement pour les charges plus basses d'un micro-réseau. Si cela n'est pas fait, le courant circulant dans les systèmes magnétiques causerait un fonctionnement du système dans un facteur-puissance très bas. Cela augmenterait alors les pertes techniques et peut également potentiellement provoquer des dysfonctionnements de l'équipement de production ainsi que des appareils des clients.